

ZÜRCHER HOCHSCHULE FÜR ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN  
DEPARTEMENT LIFE SCIENCES UND FACILITY MANAGEMENT  
INSTITUT UMWELT UND NATÜRLICHE RESSOURCEN

**TRINKWASSER MIT PV STROM AUF DEN WÄDENSWILER BERG PUMPEN**  
**Solarstrom für Wädenswiler Pumpwerke**



Bachelorarbeit

**von**

**Engeli Patrick**

Bachelorstudiengang 2013

Abgabedatum 28. September 2017

Studienrichtung Umweltingenieurwesen

Fachkorrektoren:

Kevin Arm

ZHAW Life Science und Facility Management, Grüental, 8820 Wädenswil

Nadia Sperr

ZHAW Life Science und Facility Management, Grüental, 8820 Wädenswil

**Impressum:**

Schlagworte: Photovoltaikanlage, Solarstrom, Trinkwasserreservoir, Trinkwasser auf den Berg pumpen

Keywords: photovoltaic system, solar power, drinking water reservoir, drinking water on the mountain

Titelbild: Abbildung 1: Titelblatt Photovoltaikmodule; Quelle:  
<https://www.aew.ch/privatkunden/ueber-uns/medien/medienmitteilungen/archiv/2014/september/oekostromboerse--dank-preisreduktion-noch-attraktiver-fuer-energ.html> Abgerufen am 16.05.2017

Zitiervorschlag: Solaranlagen für Wädenswiler Pumpwerke

Autor: Patrick Engeli  
Via Paliu 4 Pf 334  
7032 Laax GR  
Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen 2013  
Studienrichtung Nachwachsende Rohstoffe und Erneuerbare Energien  
engelpat@students.zhaw.ch

Herausgeber: Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften  
Life Sciences und Facility Management  
Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen  
Grüental, 8820 Wädenswil

## **Zusammenfassung**

Die vorliegende Arbeit behandelt das Thema „Trinkwasser mit PV Strom auf den Wädenswiler Berg pumpen“ und erläutert die Anlagenplanung bei drei Reservoiren im Stadtgebiet von Wädenswil. Die Pumpen in den Werken werden heute bei günstigem Niedertarif in der Nacht betrieben. Durch die Installation einer Photovoltaikanlage mit der passenden Steuerung könnten die Pumpen dem Lastgang folgen und tagsüber betrieben werden. Eine Batterie könnte die Energie der Anlagen speichern und die Pumpen könnten weiterhin in der Nacht betrieben werden. Ziel der Arbeit ist zu untersuchen, ob eine Realisierung von Solarsystemen in möglicher Kombination mit Speicher- oder Steuerungslösungen auf den Dächern der Pumpwerke energetisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Die Arbeit zeigt positive Potentialabschätzungen zu den Reservoirdächern und hohe Verbräuche der Standorte aufgrund der hohen Pumpenleistungen. Um die Pumpen tagsüber zu betreiben, müsste die Anlagensteuerung umgebaut werden. Dies erwies sich aus technischer und ökonomischer Sicht als nicht sinnvoll. Die Planung der Solaranlagen erfolgte aus diesem Grund in Kombination mit und ohne Speichersystemen. Die Wirtschaftlichkeitsrechnungen zeigen eine schlechte Rentabilität der Anlagen, jedoch können durch Sensitivitätsanalysen mögliche Szenarien aufgezeigt werden, die ein positiveres Bild zeigen. Auch hat sich gezeigt, dass der Einsatz verschiedener Batteriesysteme die Eigenverbrauchsquoten erhöht, jedoch die Investitionskosten ansteigen lässt und dadurch keine positive Auswirkungen auf die Rendite aufweist. Ausserdem wird aufgezeigt, dass die Anlagen einen ökologischen Nutzen aufweisen und sich ein wichtiger Schritt in eine regenerative Energiezukunft unternehmen lässt.

Aus dieser Arbeit lässt sich schliessen, dass wenn die Standorte einzeln betrachtet werden, einzig die Realisierung der Anlage am Standort Gerenau empfohlen werden kann. Werden die Standorte einer gesamtheitlichen Betrachtung unterzogen, können alle drei Anlagen empfohlen werden. Die Realisierung der Anlagen würde einen wichtigen Beitrag an die Energiewende leisten und die Stadt in ihrer Vorbildfunktion stärken.

## Abstract

This thesis deals with the topic "Drinking water with PV electricity on the Wädenswiler mountain pumps" and explains the plant design for three reservoirs in the urban area of Wädenswil. The pumps in the plants are today operated at favorable low tariffs at night. By installing a photovoltaic system with the appropriate control, the pumps could follow the load and operate during the day. A battery could save the energy of the plants and the pumps could continue to be operated at night. The aim of the work is to investigate whether a realization of solar systems in a possible combination with storage or control solutions on the roofs of the pumping stations is energetically and economically useful.

The work shows positive potential estimates for the reserve roofs and high consumption of the sites due to the high pump capacities. In order to operate the pumps during the day, the plant control system would have to be rebuilt. This proved to be not useful from a technical and economic point of view. For this reason, the solar systems were designed in combination with and without storage systems. The cost-effectiveness calculations show a poor profitability of the plants, however, sensitivity scenarios show possible scenarios which show a more positive picture. It has also been shown that the use of different battery systems increases the consumption rates, but increases the investment costs and thus does not have a positive effect on the return. In addition it is shown, that the plants have an ecological benefit and that an important step can be taken in a regenerative energy future.

From this work, it can be concluded that, if the sites are viewed individually, the realization of the plant at the Gerenau site can only be recommended. If the sites are subject to a holistic view, all three plants can be recommended. The realization of the plants would make an important contribution to the power generation and strengthen the city in its exemplary function.



## Danksagung

Ich möchte an dieser Stelle all jenen Menschen danken, die mich dabei unterstützt haben die vorliegende Arbeit zu einem erfolgreichen Abschluss zu bringen. Beginnen will ich bei dem Brunnenmeister der Stadtwerke Wädenswil Herr Zvezdan Paunovic, der mich bei Standortbegehungen und der Datenbeschaffung tatkräftig unterstützt hat. Herzlichen Dank!

Herzlichen Dank auch an die Energiebeauftragte und Projektleiterin der Stadt Wädenswil Sophia Rudin. Sie hat es ermöglicht, diese Arbeit für die Stadt durchzuführen und hat die Standortbegehungen organisiert. Sie haben mir sehr geholfen!

Ein weiteres Dankeschön gebührt den Firmen und Lieferanten im Solarbereich, die mir Offerten zugestellt haben und somit einen wesentlichen Beitrag zur Arbeit geleistet haben. Vielen Dank!

23. September, Laax, Patrick Engeli

## Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	10
1.1	Ausgangslage .....	10
1.2	Relevanz der Arbeit.....	11
1.3	Zielsetzung.....	11
2	Theorieteil .....	12
2.1	Einleitung .....	12
2.2	Modultechnologien .....	13
2.3	Planung.....	14
3	Material und Methoden.....	15
3.1	Recherchen.....	15
3.2	Datenerhebung .....	16
3.3	Datenanalyse für die Ergebnisse.....	17
3.3.1	Potentialabschätzungen .....	17
3.3.2	Energiebilanz .....	18
3.3.3	Konzeptentwicklung .....	19
3.3.4	Planung und Anlagendesign.....	20
3.3.5	Wirtschaftlichkeit .....	21
3.3.6	Nutzwertanalyse.....	21
3.4	Kontakte.....	22
4	Ergebnisse .....	23
4.1	Standorte und Grundlagen .....	23
4.1.1	Pumpwerk Waisenhaus.....	23
4.1.2	Pumpwerk Gerenau .....	26
4.1.3	Pumpwerk Oedischwend.....	29

---

4.1.4	Übersicht der Standorte .....	31
4.2	Potentialabschätzungen .....	32
4.2.1	Waisenhaus .....	32
4.2.2	Gerenau .....	33
4.2.3	Oedischwend .....	35
4.2.4	Übersicht.....	36
4.3	Energiebilanz .....	37
4.3.1	Waisenhaus .....	37
4.3.2	Gerenau .....	40
4.3.3	Oedischwend .....	42
4.3.4	Übersicht.....	44
4.4	Konzeptentwicklung .....	46
4.5	Planung und Anlagendesign.....	49
4.5.1	Module .....	49
4.5.2	Wechselrichter .....	50
4.5.3	Batterie .....	51
4.5.4	Aufständigung.....	51
4.5.5	Kabelführung und Installation .....	51
4.5.6	Prinzipschema.....	54
4.5.7	Schnee und Windlasten .....	55
4.5.8	Einmalvergütung .....	56
4.5.9	Allgemeine Vorschriften .....	56
4.5.10	Schutzmassnahmen.....	57
4.5.11	Baustellenlogistik .....	57
4.5.12	Ertragsprognose.....	57

---

---

4.6	Wirtschaftlichkeit .....	60
4.6.1	Offerten & Investitionskosten.....	60
4.6.2	Rahmenbedingungen .....	63
4.6.3	Wirtschaftlichkeit Waisenhaus.....	63
4.6.4	Wirtschaftlichkeit Gerenau .....	66
4.6.5	Wirtschaftlichkeit Oedischwend .....	68
4.6.6	Fazit .....	70
4.7	Nutzwertanalyse.....	71
4.7.1	Empfehlung.....	72
5	Diskussion.....	73
6	Literaturverzeichnis .....	75

## Liste der Abkürzungen

A	Ampère (Strom)
AP	Aufputz (Installationsart)
EKZ	Elektrizitätswerke des Kantons Zürich
EIV	Einmalvergütung
KEV	kostendeckende Einspeisevergütung
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWp	Kilowatt Peak
Mono-Si	Monokristallines Silizium
Multi-Si	Multikristallines Silizium
PV	Photovoltaik
V	Volt (Spannung)

# 1 Einleitung

## 1.1 Ausgangslage

In der heutigen Zeit ist das Thema der Nachhaltigkeit und der Energiewende mit besonderer Aufmerksamkeit zu verfolgen. Weltweit werden laut United Nations (2015) seit dem Dezember 2015 von 195 Staaten Nachhaltigkeitsziele verfolgt, Ziele welche eine klare Reduktion der Treibhausgasemissionen vorsehen. Mit diesem Bündnis hat sich erstmals die gesamte Weltgemeinschaft verpflichtet, aktiv gegen den Klimawandel vorzugehen. Aber auch in der Schweiz hält die Energiewende Einzug und das Thema der Nachhaltigkeit ist in aller Munde. Durch den Bundesrat und das Parlament wurde laut der Energieperspektive 2050 (2013) im Jahre 2011 der schrittweise Ausstieg aus der Kernenergie gefällt. Im Mai 2017 wurde durch das Volk die Energiestrategie 2050 bestätigt, wodurch der Weg in eine saubere Energiezukunft geebnet wurde.

Dadurch, dass Wädenswil das Label einer Energiestadt trägt, lebt die Stadt eine nachhaltige, kommunale Energiepolitik vor und möchte diese als Vorbild auch aktiv umsetzen. Die Werke der Stadt Wädenswil betreiben zur Trinkwasserversorgung Reservoirs. Damit das Seewasser zu den Reservoirs auf den Berg transportiert werden kann, werden Elektropumpen eingesetzt. Diese Reservoirs bieten geeignete Standorte für PV-Anlagen auf den Dach- oder Fassadenflächen. Diese Arbeit soll zeigen, ob der nötige Strom für die Elektropumpen direkt vor Ort produziert werden kann.



Abbildung 2: Wädenswil mit den drei Standorten Gerenau, Waisenhaus und Oedischwend, Quelle: (Google Earth Pro, 2017)

Bisher wurden die Pumpen in der Nacht beim günstigen Niedertarif betrieben. Die Motivation den Strom von der Sonne zu nutzen und die Energieversorgung nachhaltiger zu gestalten geht von der Stadt Wädenswil aus. So könnte die Steuerung der Pumpen auf den Tag verlegt werden. Eine andere Möglichkeit wäre die Installation einer Batterie, welche den Strom speichert um die Pumpen weiterhin in der Nacht zu betreiben. Stromdefizite könnten weiterhin durch günstigen Nachtstrom ausgeglichen werden. Um die Stadt bei ihrem Vorhaben zu unterstützen, sollen die drei Pumpwerke Gerenau, Oedischwend und Waisenhaus wie in Abbildung 2 zu sehen, betrachtet und eine geeignete Lösung projiziert werden.

## **1.2 Relevanz der Arbeit**

Diese Bachelorarbeit des Studiengangs Umweltingenieurwesen an der ZHAW Wädenswil wird als Abschlussarbeit der Vertiefung Natürliche Ressourcen und Erneuerbare Energien erarbeitet. Durch das Engagement der Stadt Wädenswil entstand die Fragestellung dieser Arbeit, ob sich an den drei aufgezeigten Pumpwerken eine PV-Anlage realisieren lässt. In den letzten Jahren hat in der Solarbranche ein starker Wandel stattgefunden, zum einen sind die Modulpreise stark gesunken, was die Anschaffung einer PV-Anlage begünstigt, andererseits sind auch die Energiepreise gesunken, was diesem Trend entgegenwirkt. Dies sind jedoch nur zwei Beispiele, welche verdeutlichen sollen, mit welchen Hürden die Solarbranche zu kämpfen hat um auf dem Markt beständig zu sein. Der Beitrag dieser Arbeit besteht darin, die Anlagen zu planen und der Stadt eine Entscheidungsgrundlage für eine mögliche Realisierung anzubieten.

## **1.3 Zielsetzung**

Für die Stadt Wädenswil sollen PV-Anlagen an den drei unterschiedlichen Standorten projiziert und dabei verschiedene Kriterien berücksichtigt werden. Mit einer anschliessenden Nutzwertanalyse sollen die ausgearbeiteten Varianten bewertet werden, um eine gut begründete Empfehlung auszusprechen. Die Zielsetzung findet sich ebenfalls in der Aufgabenstellung, welche sich im Anhang 1 befindet.

Für die vorliegende Arbeit wurden folgende Ziele festgelegt:

- Momentane Situation aufnehmen, Energiebilanzen erstellen und Potentialabschätzungen vornehmen
- Planung und Dimensionierung von PV-Systemen an den drei Standorten
- Offerten einholen
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Nutzwertanalyse der Varianten mit anschliessender Empfehlung

## 2 Theorieteil

Im nachfolgenden Kapitel wird kurz auf die Funktionsweise einer Solarzelle eingegangen um anschliessend verschiedene Technologien auf dem Solarmarkt zu beleuchten. Zusätzlich werden einige Themen beschrieben, welche für die weitere Planung wichtig sind. Anschliessend werden die drei betrachteten Standorte Waisenhaus, Gerenau und Oedischwend aufgezeigt.

### 2.1 Einleitung

Wenn die Sonne auf eine PV-Zelle scheint, wird Strahlungsenergie in elektrische Energie umgewandelt. Die Photonen, welche mit dem Lichteinfall auf das Halbleitermaterial treffen, werden vom Halbleitermaterial absorbiert. Dadurch werden die Ladungsträger im elektrischen Feld des p-n-Übergangs getrennt und es entsteht ein Elektronen Loch Paar. Die freien Elektronen werden in die Richtung der n-Schicht befördert, gelangen zum Fronkontakt und schliesslich zur Stromsammelschiene, bei welcher sich eine Spannung aufbaut. Werden nun Minus- und Pluspol über einen Verbraucher miteinander verbunden, fliesst Strom. Die Elektronen fliessen über diesen Verbraucher zurück zum Rückkontakt und verbinden sich wieder mit einem positiv geladenen Loch. In Abbildung 3 wird dieses Prinzip und der beschriebene Ablauf dargestellt (Koller, 2014).

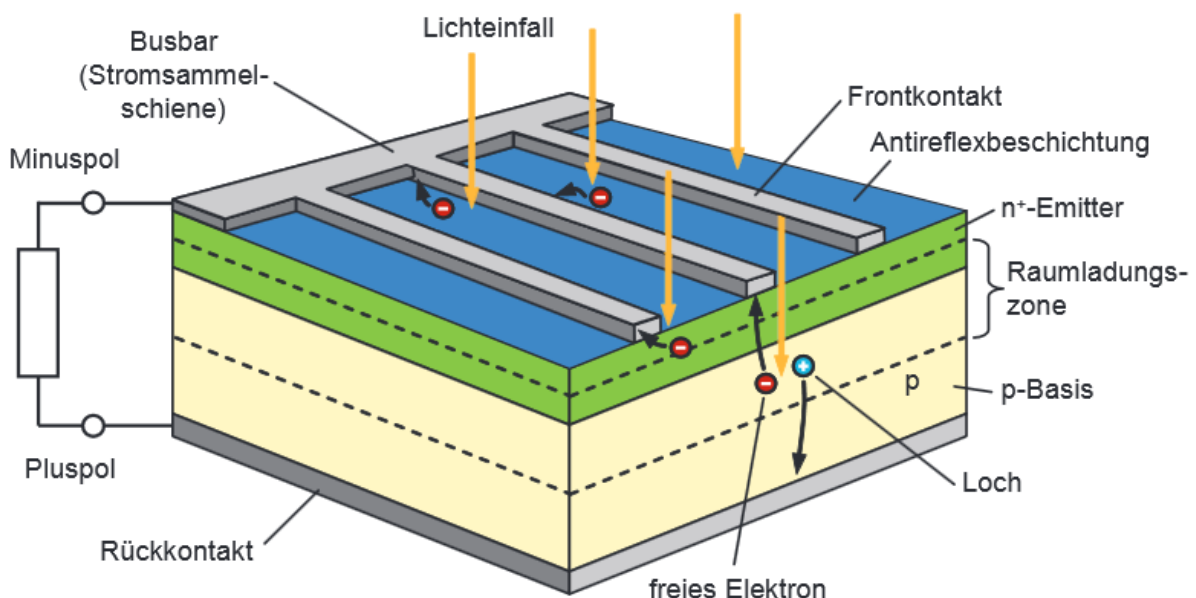


Abbildung 3: Prinzip und Aufbau einer PV-Zelle; Quelle: (Straka, 2014)

Die Effizienz einer Solarzelle hängt im Wesentlichen von drei Faktoren ab. Zum einen ist entscheidend wie viele Elektronen-Lochpaare erzeugt werden, je mehr desto besser. Im



Weiteren ist wichtig, wie viel Widerstand den Elektronen auf ihrem Weg entgegenkommt und wie gross die dabei entstehende Spannungsdifferenz ist. Je kleiner der Widerstand, umso grösser die Spannungsdifferenz, desto effizienter wandelt die Solarzelle die Strahlungsenergie in elektrische Energie um (Koller, 2015).

## **2.2 Modultechnologien**

Der in Kapitel 2.1 aufgezeigte Umwandlungsprozess kann mit unterschiedlichen Technologien realisiert werden. Zum einen wird die Solarzelle auf kristalliner Siliziumbasis hergestellt, dabei wird die Solarzelle in Monokristallines Silizium (Mono-Si) und Multikristallines Silizium (Multi-Si) unterteilt. Der massgebliche Unterschied liegt dabei in der Herstellung des Siliziums, wobei Mono-Si energieintensiv zu einem Ingot gezogen wird und Multi-Si zu einem Block gegossen wird, was anschliessend auch in der Struktur der Siliziumscheiben deutlich zu sehen ist. Der Wirkungsgrad unterscheidet sich nur geringfügig, ist jedoch beim Mono-Si leicht besser (Koller, 2014). Diese Solarzellen werden ständig weiterentwickelt und hier kurz erläutert. Eine dieser Innovationen ist die PERC-Solarzelle, welche auf der Rückseite passiviert und nur noch lokal kontaktiert wird. Auf Basis dieser PERC-Solarzelle wurde die Bifaciale Solarzelle entwickelt, welche die Eigenschaft besitzt, über die Vorder- als auch die Rückseite des Moduls Strom zu produzieren (Koller, 2015). Eine weitere Innovation ist die Heterojunction Technologie. Bei diesem Zelltyp werden monokristalline Silizium Wafer mit amorphem Silizium bedampft. Dabei wird zum Ableiten der Zellströme transparentes Leitmaterial eingesetzt. Hier werden laut Meyer Burger (2017) Modulwirkungsgrade von 23% erreicht.

Viele Hersteller verknüpfen neuste Technologien um die besten Wirkungsgrade zu erzielen und sich einen Vorsprung auf dem Markt zu sichern. Dass Solarzellen auf kristalliner Siliziumbasis sich durch stetige Innovationen behaupten können, zeigt ein Photovoltaik Report vom Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE in Freiburg, wonach bereits 93% des Solarmarktes durch diese Technologie dominiert wird. Laut Burger et al. (2016) setzen sich diese 93% aus Multi-Si mit 68% und Mono-Si mit 24% zusammen, die restlichen 8% fallen auf die Dünnschichtsolarzellen. Dies bei einer jährlich bilanzierten Produktion von 57 GWp im Jahre 2015.

Eine weitere Zellart neben den kristallinen Silizium Zellen sind laut Koller die Dünnschicht Zellen. Diese Zellart wird durch geringen Material- und Energieaufwand ausgezeichnet, beispielsweise kann der Halbleiter mit einer sehr geringen Schichtdicke aufgetragen werden, da dies für die Absorption der Photonen ausreicht. Zu dieser Zellart gehören Cadmium – Tellurid Zellen(CdTe), Amorphe Silizium Zellen (a-Si), Galliumarsenid Zellen (GaAs) und Kupfer –

Indium – Diseselenid Zellen (CIS) (Goetzberger, Voss, & Knobloch, 1997). Die Gründe für die Forschung an alternativen Technologien zur kristallinen Siliziumzelle liegen auf der Hand. Denn um die Produktionskosten zu senken und den Umwandlungsprozess effizienter zu gestalten werden neue Wege gesucht. Die letzte und dritte Gruppe der Solarzellen beinhaltet die Technologien der Zukunft. Dazu zählen die Farbstoffsensibilisierten Solarzellen, Organische Solarzellen, Perowskitesolarzellen (PSC) und die Tandem – Solarzellen (TSC). Diese TSC wurden aus einer Kombination der Perowskitesolarzelle und der Heterojunction Siliziumsolarzelle entwickelt. Organische- und Farbstoffzellen setzen wie die Dünnschichtzellen auf sehr günstige Herstellungsmethoden, wobei nicht nur die Schichtdicken sondern auch die verwendeten Materialien zu den günstigen Produktionsverfahren führen (Koller, 2015).

## **2.3 Planung**

Für eine detaillierte Planung ist es wichtig, die solaren Potentiale der betrachteten Standorte zu kennen. Ausserdem müssen die genauen Verbräuche eruiert werden und wie diese zeitlich anfallen. Eine Datenbeschaffung und anschliessende Analyse ist somit unabdingbar. Das Erstellen von Energiebilanzen soll helfen, die Verbräuche einzuschätzen. Photovoltaikanlagen produzieren tagsüber Strom, welcher bei Bedarf direkt verbraucht werden kann. Die Optimierung des Eigenverbrauchs ist eine der Herausforderungen. Mithilfe einer Batterie kann der produzierte Solarstrom gespeichert werden. Nachts oder bei Bedarf können damit die Pumpen und weitere Verbraucher betrieben werden. Für die Dimensionierung einer Batterie stehen verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Wichtig dabei ist die Festlegung der Ziele auf welche der Speicher optimiert werden soll. Zum Einen kann der Eigenverbrauch erhöht werden, die Autarkie im Vordergrund stehen oder Spitzen gedämpft werden. Des Weiteren ist wichtig, den täglichen Stromverbrauch als auch die täglich produzierbare Strommenge der PV-Anlage zu kennen um einen Speicher auszulegen. Für die Planung ist es wichtig, Normen und Gesetze einzuhalten und technische Gegebenheiten zu beachten. Ökologische wie auch wirtschaftliche Aspekte können bei der Auswahl der Komponenten entscheidend sein. Für die Rentabilität der Photovoltaikanlage muss eine wirtschaftliche Betrachtung erfolgen und marktübliche Gegebenheiten beachtet werden. Im heutigen Wandel der Energielandschaft, mit schwankenden Energiepreisen und dem Umbau der Förderungen in der Schweiz für das Jahr 2018 spielt die Zukunft eine wichtige Rolle.

### **3 Material und Methoden**

Im folgenden Kapitel werden die verwendeten Materialien und Methoden thematisiert. Die Resultate der hier aufgezeigten Vorgehensweise sind nachfolgend im Kapitel Ergebnisse aufgeführt. Für die Grundlage dieser Arbeit dient der fachliche Inhalt des Bacherlorstudiums Umweltingenieurwesen an der Zürcher Fachhochschule für angewandte Wissenschaften (ZHAW). Insbesondere der Inhalt der Vertiefung NREE mit den Modulen Natürliche Ressourcen und Erneuerbare Energien 2 (2014), Solarthermie & Photovoltaik (2015) und Anlagenprojektierung (2016). Die hier erarbeitete Arbeit entspricht einer Projektierungsarbeit mit anschliessender Empfehlung für die Stadtwerke.

#### **3.1 Recherchen**

Die Literaturrecherchen wurde zwischen März und Juni 2017 durchgeführt. Falls notwendig, wurden auch zu einem späteren Verlauf der Arbeit Recherchen zu bestimmten Themen durchgeführt. Anschliessend werden die verwendeten Suchmaschinen oder Webseiten aufgelistet die bei der Literaturrecherche verwendet wurden. Gewisse Seiten wurden verwendet um Berechnungen, Simulationen oder Herstellerangaben zu erhalten, auch diese werden anschliessend gelistet. Jegliche in dieser Arbeit verwendete Literatur wird im Literaturverzeichnis aufgeführt. Persönliche Mitteilungen bei Besprechungen mit Zvezdan Paunovic oder Sophia Rudin wurden direkt im Text oder den jeweiligen Angaben vermerkt.

<b>Name</b>	<b>URL</b>
Bundesamt für Energie	<a href="http://www.bfe.admin.ch/">http://www.bfe.admin.ch/</a>
Bundesamt für Landestopografie	<a href="https://map.geo.admin.ch/">https://map.geo.admin.ch/</a>
Bundesamt für Umwelt	<a href="http://www.bafu.admin.ch/">http://www.bafu.admin.ch/</a>
Ernst Schweizer AG	<a href="https://www.schweizer-metallbau.ch/de/home.html">https://www.schweizer-metallbau.ch/de/home.html</a>
Ecosia	<a href="https://www.ecosia.org/">https://www.ecosia.org/</a>
Google Scholar	<a href="https://scholar.google.ch/">https://scholar.google.ch/</a>
Helion	<a href="https://helion-solar.ch/">https://helion-solar.ch/</a>
LG Solar	<a href="http://www.lg.com/de/business/solar">http://www.lg.com/de/business/solar</a>
Meteonorm	<a href="http://www.meteonorm.com/">http://www.meteonorm.com/</a>
Meyer Burger	<a href="http://www.meyerburger.ch/index.php?id=1&amp;L=1&amp;C=us">http://www.meyerburger.ch/index.php?id=1&amp;L=1&amp;C=us</a>

Netzwerk von Bibliotheken und Informationsstellen in der Schweiz	<a href="http://www.nebis.ch/">http://www.nebis.ch/</a>
Photovoltaic Geographical Information System	<a href="http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php">http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php</a>
SMA	<a href="https://www.sma.de/">https://www.sma.de/</a>
SolarWorld AG	<a href="http://www.solarworld.de/">http://www.solarworld.de/</a>
Solar-Toolbox	<a href="http://www.solar-toolbox.ch/simulation/">http://www.solar-toolbox.ch/simulation/</a>
Swissgrid	<a href="https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home.html">https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home.html</a>
Swissolar	<a href="http://www.swissolar.ch/">http://www.swissolar.ch/</a>
Tesvolt	<a href="http://tesvolt.com/">http://tesvolt.com/</a>
United Nations	<a href="http://newsroom.unfccc.int/">http://newsroom.unfccc.int/</a>

### **3.2 Datenerhebung**

Die Datenerhebung fand am 22. März statt und unter der Leitung des Brunnenmeisters, Herr Zvezdan Paunovic und in Begleitung von Sophia Rudin, der Energiebeauftragten der Stadt Wädenswil wurde die Begehung durchgeführt. Eine Übersicht der gesammelten Daten ist im Kapitel 4.1.4 zu finden. Die Begehung startete im untersten Reservoir Waisenhaus, bei welchem zuerst das Gebäude von aussen besichtigt und die Dachfläche vermessen wurde. Während der Besichtigung wurden verschiedenste Themen wie Vegetation, Dachaufbau oder Verbrauch diskutiert und notiert. Die Topografie als auch die Ausrichtung des Gebäudes wurde studiert. Anschliessend wurde das Gebäudeinnere besichtigt und die Anlagensteuerung sowie die Pumpen begutachtet. Auch wurden während der Besichtigung Fotos des gesamten Areals gemacht und bereits darauf geachtet, wo nötige Installationen angebracht werden können. Dieses Vorgehen wurde an allen drei Standorten gleichermassen umgesetzt um anschliessend die Begehung im Werkhof der Stadt Wädenswil zu beenden. Im Werkhof wurden die Anlagenschematas kopiert und Herr Paunovic trug Verbrauchsauflistungen aller Standorte zusammen. Es konnten Rechnungen der EKZ kopiert werden, für die Standorte Waisenhaus und Gerenau aus den Jahren 2016, für Oedischwend aus dem Jahre 2017. Eine weitere Besprechung mit Herr Paunovic fand am 15. Juni 2017 im Werkhof der Stadt statt. In der Besprechung wurden weitere Fragen geklärt und Datenblätter und Informationen zu Anlagekomponenten zusammengetragen.

### 3.3 Datenanalyse für die Ergebnisse

In diesem Kapitel wird die genaue Vorgehensweise der Datenanalyse beschrieben, es werden verwendete Programme, Materialien oder Analysemethoden beschrieben und allfällige Berechnungen aufgezeigt.

#### 3.3.1 Potentialabschätzungen

Um die Potentialabschätzungen möglichst genau aufzuzeigen, auch für spätere Visualisierungen, wurden alle drei Standorte mit Sketch up Version 16.0.19912 © 2015 gezeichnet. Weiter wurde mit Excel® 2013 gearbeitet um Daten in tabellarischer Form wiederzugeben und auch Grafiken zu generieren. Als erstes wurden die Parameter für die Belegung und Berechnung festgelegt, zu sehen in Tabelle 1, anhand des Datenblattes von SolarWorld (2017) im Anhang 2. Anschliessend wurde die Modulbelegung auf Sketch up visualisiert um aufzuzeigen, mit welchen Varianten die Dachbelegung realisiert werden kann.

*Tabelle 1: Parameter für die Potentialanalysen*

Parameter	Einheit	Beschreibung
Ausrichtung	Grad	+/- 180°=Nord; -90°=Ost; 0°=Süd; 90°= West
Neigung	Grad	0°=flach; 90°=vertikal
Angenommene Modulflächenleistung	W/m <sup>2</sup>	174
Modulgrösse	m	1,675*1,001
Modulfläche	m <sup>2</sup>	1,676675
Modulleistung	Wp	290
Quadratmeter des Moduls	m <sup>2</sup>	1,67

Um die Potentiale zu eruieren, wurde mithilfe des Onlinetools „Photovoltaic Geographical Information System PVGIS“ (2017) gearbeitet. Auf dieser Website können Standortdaten, die Grösse der Anlage sowie weitere spezifische Werte eingegeben werden um eine Abschätzung zu erhalten. Die Potentiale wurden auf die höchstmögliche Modulbelegungszahl mithilfe von Sketch up für Süd als auch Ost/West als aufgeständerte Anlagen optimiert. Ausserdem wurde die Ertragsprognose mit PVGIS am Standort Waisenhaus für die gleiche Anzahl Module für 30°, 20° und 10° durchgeführt um aufzuzeigen, wie sich der Neigungswinkel auf das Resultat auswirkt, um somit den bestmöglichen Neigungswinkel der Aufständerung zu eruieren. Des Weiteren wird bei der Abschätzung ersichtlich, wie die durchschnittliche tägliche Stromproduktion und die globale Sonneneinstrahlung ausfällt.

Zusätzlich wurden die Fassadenflächen für mögliche Solaranlagen am Standort Gerenau betrachtet. Aufgrund der Ausrichtung des Gebäudes wurde auf eine Prognose für die kleine nach Norden ausgerichtete Fassade am Standort Waisenhaus verzichtet. Ebenso wurde die

Fassade am Standort Oedischwend nicht in Betracht gezogen, weil die Fassade mit Türen und Lüftungsauslässen versehen ist und somit keine funktional zusammenhängende Fläche aufweist.

Um die Unsicherheiten möglichst einzugrenzen wurden die Potentiale unter anderem von Hand berechnet. Hierbei wurde die Anlagenleistung mit dem Anlagenwirkungsgrad laut Koller (2015) multipliziert und zum Schluss mit der globalen Sonneneinstrahlung verrechnet. Für die Sonneneinstrahlungswerte wurde ein Referenzwert mit dem Simulationsprogramm Meteonorm (2017) erhoben um mit dem Wert von PVGIS zu vergleichen. Des Weiteren wurde für ein Anlagendesign das Onlinetool Solar-toolbox (2017) verwendet um einen weiteren Wert zu erhalten. Diese Berechnungen werden nicht gelistet sondern dienen einzig der Validierung der Ertragsprognose mit PVGIS.

### **3.3.2 Energiebilanz**

Mithilfe der Energiebilanz können die Verbraucher in den Reservoirs mit ihrer installierten Leistung und den spezifischen Betriebszeiten detailliert dargestellt werden. Diese Aufschlüsselung des gesamten jährlichen Verbrauchs zeigt deutlich auf, welche Geräte die grössten Verbraucher darstellen und wie hoch ihr jährlicher Strombedarf ist. Die Energiebilanzen werden mit Excel® 2013 erstellt und die dafür notwendigen Daten wurden bei der Begehung mit Herr Paunovic zusammengetragen.

Zugestellte Rechnungen der EKZ zeigen die bisherigen Verbräuche auf.. Für den Standort Waisenhaus waren dies die Rechnung über den Zeitraum vom 01.01.2016-19.12.2016, für den Standort Gerenau über die Monate Oktober-Dezember 2016 und für den Standort Oedischwend den Januar 2017. Ausserdem wurde eine Verbrauchszusammenstellung für das Jahr 2016 zur Verfügung gestellt, welche eigenhändig im Excel von Herr Paunovic geführt wird. Jedoch sind die Datensätze für den Standort Waisenhaus unvollständig und zeigen den gesamten Verbrauch über 15 Monate, weshalb die Verbrauchsermittlung der EKZ Rechnungen übernommen werden. Für den Standort Gerenau wurden in der Verbrauchszusammenstellung jeweils die Quartalsverbräuche für das gesamte Jahr 2016 ausgewiesen, somit können diese Daten übernommen werden. Am Standort Oedischwend zeigte die Verbrauchszusammenstellung die Auflistung eines jeden Monats im Jahre 2016, auch diese Daten können übernommen werden. Aus diesen Datensätzen werden die genauen Jahresverbräuche hergeleitet.

Zum einen wird aus diesen Jahresverbräuchen eine Kostenaufstellung für das Jahr 2016 erstellt, dies auch unter Berücksichtigung der EKZ Tarifsammlungen. Um aufzuzeigen wie sich

die gesamten Stromkosten für die Standorte vom Jahre 2016 zum Jahre 2017 verändern, werden die gleichen Jahresverbräuche der Standorte mit den aktuellen Preisen gerechnet.

Zum anderen wird aus diesen Datensätzen eine Leistungszusammenstellung generiert, welche im Kapitel 4.3 präsentiert wird. Bezüglich der installierten Leistung der Verbraucher konnten die Informationen von Datenblättern beschafft werden. Die Leistung der Beleuchtung wurde vor Ort abgeschätzt und die Leistung für die Sparte Diverses wurde Mithilfe der Schemata ebenfalls abgeschätzt. Im Gespräch mit Herr Paunovic konnte geklärt werden, um welche Uhrzeit und wie oft die Pumpen betrieben werden und welche weiteren Verbraucher installiert sind. Die Betriebszeiten des Entfeuchters konnten aus einem Monatstotal von 500-600 Stunden abgeleitet werden und Mithilfe der Angaben, dass Herr Paunovic jede Woche an allen Standorten kontrolliert und dokumentiert, wurde die Betriebszeit für die Beleuchtung festgelegt.

Um aufzuzeigen, wie sich der jährliche Verbrauch zum errechneten Jahrespotential der PV-Anlagen verhält, wurde die ausgewiesene durchschnittliche Tagesproduktion von den Potentialanalysen verwendet, um einen Jahresgang zu simulieren. Dem gegenüber standen die Werte der Leistungszusammenstellung mit und ohne Pumpen.

### **3.3.3 Konzeptentwicklung**

Mithilfe der Datenerfassung eines jeden Standorts, der Potentialabschätzungen und der Energiebilanzen werden verschiedene Massnahmen und Entscheidungen aufgezeigt um anschliessend die Planung durchzuführen. Das Ziel ist, eine Solaranlage zu planen welche die technischen Grundvoraussetzungen erfüllt und einen möglichst effizienten Betrieb aufweist. Es wurden verschiedene Möglichkeiten geprüft, um dieses Ziel zu erreichen.

Da die drei Standorte einen grossen Stromverbrauch aufweisen, welcher mehrheitlich in der Nacht durch die Wasserförderung entsteht, der Solarstrom jedoch über den Tag hindurch produziert wird, stellt sich die Frage, wie der Eigenverbrauch der Anlagen zu optimieren ist.

Eine Variante ist, eine möglichst grosse PV Anlage zu planen, um eine hohe Stromproduktion zu erreichen. Der Solarstrom soll bestmöglich in den eigenen Reservoiren verbraucht werden. Dies Mithilfe einer Steuerung, welche die Pumpen tagsüber dem Lastgang der Solaranlage folgen lässt und die Pumpen in Teillast betreibt. Die fehlende Fördermenge wird nachts zum günstigeren Nachtтарif gefördert.

Eine weitere Variante ist die Installation einer Batterie. So kann der produzierte Strom gespeichert und in der Nacht durch die Pumpen verbraucht werden.

Eine weitere Möglichkeit ist eine kleinere PV Anlage zu planen, welche den bestmöglichen Eigenverbrauch erreicht ohne weitere Installationen.

Zur Konzeptentwicklung werden als erster Schritt die Dachflächen mit dem besten Potential ausgewählt und aufgezeigt, weshalb gewisse Flächen ausscheiden. Anschliessend wird die maximale Grösse der Anlage festgelegt, die Dimensionierung begründet, Fördermittel ausgelotet, wie die Einmalvergütung und die kostendeckende Einspeisevergütung. Danach werden die weiter oben beschriebenen Möglichkeiten diskutiert und zum Schluss aufgezeigt, welche Konzepte erarbeitet werden.

### **3.3.4 Planung und Anlagendesign**

Mithilfe der erfassten Daten kann eine Anlagenplanung erfolgen. Zum einen wurde die Anlage vom Autor selber geplant und wo nötig Berechnungen angestellt. Zum anderen PVSol herangezogen um die komplette Anlage mit den geplanten Komponenten zu simulieren. Hier wird die Planung beschrieben und ein Überblick aufgezeigt. Wichtig ist die zu überbauende Fläche festzulegen und somit die Leistung des Solarkraftwerkes zu bestimmen. Für die Auswahl der Module wurden einige Entscheidungen getroffen. Welche Zelltechnologie verwendet werden soll und ob die Berücksichtigung ökologischer und ökonomischer Aspekte im Vordergrund steht. Technische Aspekte der Module wie der Modulwirkungsgrad, Bauweise und Garantieleistungen wurden aus den Datenblättern der Hersteller entnommen. Als nächster Schritt wurde ein Netzwechselrichter für die Leistung des Solarkraftwerkes dimensioniert. Viele marktübliche Wechselrichter weisen ähnliche Spezifikationen betreffend zulässigen DC-Spannungen, Anzahl MPP Tracker und weitere technische Details auf. Um die jeweiligen Strings richtig auszulegen und die maximale Anzahl der Module und Strings pro MPP Tracker zu bestimmen, wurde auf die Datenblätter des Moduls und die des Wechselrichters zurückgegriffen und eigene Berechnungen angestellt. Anschliessend wurde die genaue Kabelführung und Installation geplant. Werden für die Anlage bestimmte Anforderungen verlangt, beispielsweise ein hoher Eigenverbrauch oder das Brechen von Lastgangspitzen, muss die Planung einer Batterie erfolgen. Die Module müssen auf der zu überbauenden Fläche platziert werden, aufgrund dessen wurde die Bodenbeschaffenheit begutachtet und ein System für die Anlage ausgewählt. Weiter konnte ein Prinzipschema erstellt werden, in welchem die Messanordnung für die Anlage als auch Absicherungen und Querschnitte dimensioniert werden. Grundsätzlich ist es wichtig, gesetzliche Verordnungen und Normen wie die Niederspannungsinstallationsnorm oder die SIA261 bei der Planung zu berücksichtigen. Die SIA261 diene für die Abklärung der Schnee- und Windlasten. Für die Abklärung bezüglich Hagelschaden der Module wurde auf die Datenblätter zurückgegriffen. Des Weiteren wurden



Abklärungen zu den gängigen Fördersystemen und Vergütungsmöglichkeiten abgeklärt und aufgezeigt. Nach der Anlagendimensionierung wurde ein Devi, mithilfe von Excel, mit den ausführlichen Installationsmaterialien erstellt. Das erarbeitete Devi dient für die Ausschreibung und bietet eine Datengrundlage für die offerierenden Firmen. Es ist wichtig, die Logistik für die Anlage zu durchdenken und die Sicherheitsbestimmungen für die Arbeiten vor Ort zu überprüfen.

### **3.3.5 Wirtschaftlichkeit**

Um die Wirtschaftlichkeit der projektierten Anlagen aufzuzeigen, wurden die Devis an 6 Solarinstallateure versendet, wovon 3 eine Offerte unterbreiteten. Weiter wurde das Devi an 2 Elektroinstallateure für die AC-seitigen Arbeiten versendet, wovon eine Offerte eingereicht wurde. Weiter wurden Preise für das Installationsmaterial wie Module, Wechselrichter, Aufständering und Speicherlösungen bei Herstellern und Händlern nachgefragt um eine eigene Kostenaufstellung zu erstellen. Zusätzlich wurden ein Zaun am Standort Oedischwend und die Gartenarbeit für die Wiesen offeriert. Sämtliche Kontakte die zu Ergebnissen geführt haben, werden aufgelistet.

Anschliessend werden die Offerten in einer Übersicht dargestellt. Aufgrund der stark differenzierten Komponenten wurden die Kosten teils neu zusammengestellt um einen realen Vergleich anstellen zu können. Die Offertzusammenstellung wurde um weitere Komponenten ergänzt um die totalen Investitionskosten der verschiedenen Varianten aufzuzeigen.

Die Investitionskosten werden mithilfe der dynamischen und statischen Barwertmethode in Excel untersucht. Das dynamische Berechnungsverfahren wird gewählt, um die Ausgaben und Einnahmen zuzüglich der Zinsen über einen bestimmten Zeitraum darstellen und auswerten zu lassen. Auf eine Wirtschaftlichkeitsberechnung in PVSol wurde verzichtet.

### **3.3.6 Nutzwertanalyse**

Die geplanten Anlagen und daraus entstandenen Szenarien sollen bewertet werden, um anschliessend eine Empfehlung abzugeben. In der Nutzwertanalyse werden verschiedene Szenarien durch ihre spezifischen Werte verglichen. Die Bewertung erfolgt in drei Kategorien: der Ökonomie, der Ökologie und den systemtechnischen Eigenschaften, welche wiederum in verschiedene Kriterien unterteilt werden. Jedem Kriterium wird der entsprechende Wert zugeteilt, welcher eine Punktzahl erhält. Die Punkte fliessen nach einer bestimmten Gewichtung ins Gesamtergebnis ein und zeigen eine Rangliste. Ausserdem wurden die Gewichtungen der Kategorien verändert um aufzuzeigen wie sich die Ränge verändern.

### 3.4 Kontakte

Um für diese Arbeit die Komponenten richtig planen zu können und auch die Kosten marktgerecht offerieren zu lassen, wurde der Kontakt zu einigen Herstellern, Lieferanten, oder auch Installateuren gesucht. Teilweise wurde auch nur auf die Webseite möglicher Hersteller zurückgegriffen um an Informationen zu gelangen. Diejenigen Kontakte, welche zu positiven Ergebnissen führten, werden im Anhang 22 gelistet. Es wird erwähnt, in welcher Form die Hilfe oder Information zu dieser Arbeit beitragen konnte.

## 4 Ergebnisse

Im folgenden Kapitel sind die Ergebnisse dieser Arbeit präsentiert. Am Anfang wird aufgezeigt, wie gross die Potentiale für die jeweiligen Standorte sind. Anschliessend wird die Energiebilanz eines jeden Standortes präsentiert. Danach werden verschiedene Konzepte und Lösungen sowie die Anlagenplanung thematisiert. Wirtschaftlichkeit, ökologische Bewertungen und die Nutzwertanalyse bilden zum Schluss die Basis um eine solide Empfehlung auszusprechen.

### 4.1 Standorte und Grundlagen

Die Pumpwerke liegen alle drei verteilt an den Hängen der Stadt Wädenswil im Kanton Zürich. Die Pumpwerke haben die Gemeinsamkeit, dass alle ein Flachdach aufweisen und somit beste Voraussetzungen für eine PV-Anlage vorweisen. Um die Parameter jedes einzelnen Pumpwerkes aufzuzeigen, werden diese anschliessend separat betrachtet und zur Übersicht wurde die Tabelle 2 eingefügt.

#### 4.1.1 Pumpwerk Waisenhaus

Das Pumpwerk Waisenhaus liegt an der Waisenhausstrasse 10b oberhalb von Wädenswil ZH auf 549 m.ü.M laut dem Geomap der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2017). Die Grundstücksnummer lautet 6501. Die Gebäudetüre ist mit  $-94^\circ$  laut uvek-gis (2017) nahezu nach Osten ausgerichtet und das Pumpwerk steht in der Zone für öffentliche Bauten und Anlagen (OE). Das Gebäude besteht gänzlich aus Sichtbeton, wurde im Jahre 1998 erbaut und besitzt zwei Geschosse.



Abbildung 4: links, Ansicht aus östlicher Richtung



Abbildung 5: rechts, Ansicht aus Südwestlicher Richtung

### Dachabmessungen:

Das Pumpwerk besitzt ein Flachdach mit den Massen 12.3 m x 7.2 m, was einer Fläche von 88.5 m<sup>2</sup> entspricht. Das Betondach hat einen Kiesaufbau von 0.2 m Dicke. Auf diesem Aufbau liegen quadratische Pflastersteine mit den Massen 0.4 m x 0.4 m. Das Dach ist auf der Ost und Nordseite 3 m hoch über dem Boden gelegen, auf der Südseite ist es ebenerdig und auf der Westseite ist das Gelände nach Norden hin abfallend. Zum Verständnis muss gesagt werden, dass das Pumpwerk in den Hang gebaut wurde. Das Dach besitzt eine 0.3 m hohe Mauer welche sich über drei Seiten erstreckt, von der Ost- über die Nord- bis hin zur Westseite. Auf dieser Mauer ist ein Geländer montiert, welches 1.1 m in die Höhe ragt. Das Geländer besteht aus zwei horizontalen, 4 cm dicken Rohren und Stützen, welche im Abstand von 2 m angeordnet sind.

### Verschattungsobjekte und Horizont:

In der näheren Umgebung befinden sich keine grossen Verschattungsobjekte, wie auf den Abbildungen 4 bis 6 zu sehen ist. Allerdings zieht sich das Geländer über die drei beschriebenen Seiten hinweg und wirft von der Ostseite zu Anfang des Tages einen Schatten auf die Fläche. Um das ganze Pumpwerk herum wurde aus Sicherheitsgründen ein Maschendrahtzaun gebaut welcher auf der Südseite 1.30 m von der letzten Pflastersteinreihe entfernt ist und 2.2 m in der Höhe misst. Dieser wirft ebenfalls einen feinen Schatten auf die Fläche.

Abgesehen von den Verschattungsobjekten zeigt der Horizont in Ostrichtung ein abfallendes Gelände bis zum See hinunter, gut ersichtlich aus Abbildung 5. In Richtung Süden steigt das Gelände leicht an und zieht sich so bis nach Westen hindurch wie aus Abbildung 6 und Abbildung 7 zu sehen ist.



Abbildung 6: links, Ansicht aus Nordwestlicher Richtung



Abbildung 7: rechts, Ansicht aus östlicher Richtung

### Daten und Leistungsangaben:

Die Einspeisung vom Netz befindet sich im Feld 1 der Anlagensteuerung welche an der Nordwand im Erdgeschoss platziert ist. Die Anlage ist mit 400 A abgesichert und mit einer 4x240 mm<sup>2</sup> Zuleitung ausgelegt. In der Verteilung ist beim Bau genügend Reserveplatz vorgesehen worden, um die nötigen Installationen wie Zweiwege Stromzähler und Sicherungen für die Anlage zu platzieren. Direkt neben der Verteilung bietet eine Wand genügend Platz um die weiteren Anlagenkomponenten wie Generatoranschlusskasten und Wechselrichter zu montieren, (siehe Abbildung 8). Von dieser Wand aus führt die Treppe hinunter zu den Pumpen und Motoren.



*Abbildung 8: Schaltschrank und Treppe an der nördlichen Seite von der Türe aus*

Die gesamte installierte Leistung der 4 Motoren beträgt 170 kW. Zwei Stufengehäusepumpen haben eine Nennleistung von 55 kW und einen Nennstrom von 98 A, wobei die Drehzahl 1450 min<sup>-1</sup> beträgt. Frequenz und Spannung liegen bei 50 Hz und 400 V. Die Typenbezeichnung der Firma Rüttschi Pumpen AG lautet HZP-GL 150B-2 mit Motor 250M4. Die beiden kleineren Stufengehäusepumpen sind mit einer Nennleistung von 30 kW und einem Nennstrom von 54.1 A bemessen. Drehzahl, Frequenz und Spannung liegen im gleichen Bereich und alle vier Pumpen werden über einen Sanftanlasser gestartet. Die Typenbezeichnung der kleineren Pumpe lautet HZP-GL 100A-3 mit Motor 200L4. Die zwei grossen Pumpen stehen 2-4 Stunden täglich in Betrieb, je nach Wasserbedarf in den oberen Werken. Die beiden kleineren Pumpen stehen ausschliesslich als Back up zur Verfügung und werden nur bei Bedarf dazu geschaltet. Um Kosten zu sparen, werden die Pumpen in der Nacht betrieben, denn der Gesamtverbrauch des Pumpwerkes lag im Jahre 2016 bei 89'985 kWh. Weiter ist im Pumpwerk ein Entfeuchter installiert mit einer Leistung von 1.3 kW, welcher annähernd den ganzen Tag in Betrieb ist.

Das Pumpwerk Waisenhaus wurde parallel zum Pumpwerk Schöneegg errichtet und befindet sich exakt auf derselben Höhe über Meer. Die beiden Pumpwerke transportieren das Wasser synchron in die höher gelegenen Wasserreservoirs. Nach Angaben des Brunnenmeisters

Zvezdan Paunovic haben die Werke am Standort Waisenhaus regelmässig Probleme mit Vandalismus. Meist klettern Jugendliche über den Zaun und beschädigen die Metallverkleidungen am Dachrand. Am Standort Waisenhaus fallen laut Zvezdan Paunovic jährliche Kosten von 2500 Franken an um die Vegetation um das Pumpwerk zu pflegen und den Rasen zu mähen.

#### **4.1.2 Pumpwerk Gerenau**

Das Pumpwerk Gerenau liegt an der Gerenstrasse 7 direkt oberhalb der Autobahn und befindet sich laut dem Geomap der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2017) auf 603 m.ü.M. Laut uvek-gis (2017) ist die Gebäudetüre mit  $-120^\circ$  nach Nordosten ausgerichtet und das Pumpwerk steht in der Erholungszone (E). Die Grundstücksnummer lautet 9060. Das Gebäude besteht ebenfalls aus Sichtbeton, wurde im Jahre 1995 erbaut und erstreckt sich über zwei Geschosse.



*Abbildung 9: links, Ansicht aus nördlicher Richtung*



*Abbildung 10: rechts, Ansicht aus westlicher Richtung*

#### **Dachabmessungen:**

Das Pumpwerk besitzt zwei Flachdächer. Das eine mit den Massen 14.8 m x 15 m und das kleinere misst 4.3 m x 7.15 m, was einer Fläche von rund 31 m<sup>2</sup> entspricht. Das kleine Flachdach, siehe Abbildung 9, wurde mit Pflastersteinen belegt und liegt einen Stock tiefer als das grössere Flachdach. Das Dach wird von einer 3 m hohen Mauer in südwestlicher Richtung begrenzt. Das obere und grössere Flachdach besitzt eine Fläche von rund 222 m<sup>2</sup> und ist von einer grünen Wiese bedeckt. Das obere Dach ist in Nordostrichtung 6m über dem Eingangsbereich gelegen, in alle anderen drei Richtungen nahezu ebenerdig oder leicht abfallend (Siehe Abbildung 10). Das obere wie das untere Dach besitzen eine 0.3 m hohe Mauer auf der Nordostseite, auf welcher ein 1.1 m hohes Geländer montiert ist.



### **Verschattungsobjekte und Horizont:**

Das untere Dach wird von kleineren bis zu 7 m hohen Bäumen in Nordost Richtung verschattet und zusätzlich von einer grossen Birke im Osten. Die 3 m hohe Mauer auf der südwestlichen Seite wirft den Schatten ab der Mittagszeit auf die Dachfläche.

Rund um die obere Dachfläche befinden sich keine grossen Verschattungsobjekte ausser der Birke im Osten, diese wirft morgens einen Schatten auf die Fläche. Das Gelände auf der Ostseite beschattet die Fläche nur sporadisch am frühen Morgen. Auch um dieses Pumpwerk wurde ein Maschendrahtzaun gebaut, welcher auf der Süd und Westseite jeweils 2.35 m entfernt ist und 2.2 m in der Höhe misst. Auch dieser Zaun wirft einen feinen Schatten auf die Fläche.

Der Horizont zeigt sich in Ostrichtung sehr offen, wie in Abbildung 11 gut zu sehen ist. Zur Südrichtung hin steigt das Gelände an und es befindet sich ein Waldstück etwa 150 m vom Pumpwerk entfernt. Weiter Richtung Westen hin endet der Wald und der Horizont flacht wieder ab, siehe Abbildung 12 und Abbildung 13.



*Abbildung 11: links, Ansicht aus westlicher Richtung*



*Abbildung 12: rechts, Ansicht aus nördlicher Richtung*



*Abbildung 13: Ansicht aus östlicher Richtung*

### Daten und Leistungsangaben:

Die Einspeisung vom Netz findet sich im Feld 1 der Anlagensteuerung. Die Anlagesteuerung steht an der Nordwand im 1.Obergeschoss und wurde mit 250 A abgesichert, was einer 4x120 mm<sup>2</sup> Zuleitung entspricht. Die Verteilung bietet genügend Reserveplatz um die nötigen Installationen zu platzieren. Das Obergeschoss des Pumpwerkes bietet wenig Platz, es führt die Treppe hinauf wo sich die Türe für das Wasserreservoir und die Anlagensteuerung befindet. Ansonsten stehen keine Wände oder Stellplatz zur Verfügung. Im Erdgeschoss bietet sich ein anderes Bild. An der Südöstlichen Wand direkt neben dem Eingang steht genügend Platz zur Verfügung, um die weiteren Anlagenkomponenten zu montieren, siehe Abbildung 14. Direkt gegenüber stehen die Pumpen.

Die gesamte installierte Leistung der 2 Motoren beträgt 60 kW, wovon jeder 30 kW Nennleistung besitzt. Die Motoren weisen einen Nennstrom von 53 A auf, bei einer Drehzahl von 2900 min<sup>-1</sup>. Frequenz und Spannung liegen auch hier bei den üblichen 50 Hz und 400 V. Die Pumpen stammen von der Firma Häny AG und die genaue Typenbezeichnung der Pumpen lautet ZEVA 6502 AA ABE OB 1. Die Motoren sind von der Firma ABB und die Typenbezeichnung lautet M2BA 200MLA – 2/B5. Jede Pumpe wird über einen Sanftanlasser gestartet. Die eine Pumpe ist täglich bis zu 6 Stunden in Betrieb, je nach Wasserbedarf. Die zweite Pumpe wird ausschliesslich bei zusätzlichem Bedarf hinzugeschaltet, ansonsten genügt die eine Pumpe zum Betrieb. Der Gesamtverbrauch des Pumpwerks lag im Jahre 2016 bei 47'061 kWh. Um die Betriebskosten niedrig zu halten, werden die Pumpen in der Nacht betrieben bei günstigeren Nachtтарifen. Des Weiteren ist im Pumpwerk ein Entfeuchter montiert welcher die Luftfeuchtigkeit reguliert, dieser weist eine Leistung von 1,3 kW auf und wird nahezu den ganzen Tag betrieben. Gemäss dem Brunnenmeister fallen an diesem Standort jährliche Kosten von 7500 Franken an, um die Vegetation um das Pumpwerk zu pflegen und den Rasen zu mähen.



Abbildung 14: Möglicher Standort für Anlagenkomponenten im Erdgeschoss



### 4.1.3 Pumpwerk Oedischwend

Das Pumpwerk Oedischwend liegt am Widen-Stocken Weg 50 ausserhalb von Wädenswil ZH auf 604 m.ü.M laut dem Geomap der Schweizerischen Eidgenossenschaft (2017). Die Grundstücksnummer lautet 8090. Die Gebäudetüre ist mit  $-138^\circ$  nahezu exakt nach Nordost ausgerichtet laut uvek-gis (2017). Das Pumpwerk ist in der Landwirtschaftszone (L) gelegen und besteht gänzlich aus Sichtbeton, wurde 1975 erbaut und besitzt zwei Stockwerke, ein Erdgeschoss und ein Untergeschoss.



Abbildung 15: links, Ansicht aus Nordöstlicher Richtung



Abbildung 16: rechts, Ansicht aus Nordöstlicher Richtung

#### Dachabmessungen:

Das dritte Reservoir besitzt ein Flachdach mit den Massen 22 m x 21 m, dies ergibt eine Gesamtfläche von 462 m<sup>2</sup>. Das Flachdach ist wie auf der Abbildung 16 zu sehen mit Rasen begrünt und der Erdaufbau beträgt etwa 50 cm. Das Pumpwerk wurde ebenfalls in den Hang gebaut und ist dadurch von Südwesten her ebenerdig begehbar und einzig zur Nordost Seite hin ergibt sich durch die stufenförmige Bauweise ein drei Meter hoher Versatz, siehe Abbildung 15. Zur südöstlichen Seite hin läuft das Feld ebenerdig aus und auf der nordwestlichen Seite wird die Dachfläche durch Sträucher begrenzt und anschliessend fällt das Gelände ab auf das Niveau der Strasse und des Eingangs zum Pumpwerk. Das Dach wird auf der Nordöstlichen Seite durch eine leicht hervorgehobene Mauer und ein 1.1 m hohes Geländer begrenzt.

#### Verschattungsobjekte und Horizont:

Die Fläche auf dem Reservoir wird auf zwei Seiten durch Sträucher und Gebüsche begrenzt, auf den anderen beiden Seiten läuft die Fläche aus. Die Sträucher finden sich auf der nordwestlichen und nordöstlichen Seite und können laut Zvezdan Paunovic ohne Probleme gestutzt werden. Somit ergeben sich keine Verschattungsobjekte für diese Dachfläche, ausser

einem Betonaufbau mitten in der Fläche welcher 2.7 m Länge, 1.0 m breite und in der Höhe 1.3 m misst.

Der Horizont zeigt am Standort Oedischwend ein weites, offenes und leicht abfallendes Gelände Richtung Osten und zum See hin. In Südrichtung bleibt der Horizont weiter flach und offen, siehe Abbildung 17, bis er zur Westrichtung hin leicht ansteigt.



*Abbildung 17: Ansicht aus Nördlicher Richtung*

#### **Daten und Leistungsangaben:**

Die Einspeisung befindet sich im Feld 6 der Anlagesteuerung welche im Erdgeschoss neben dem Eingang an der Nordwestwand platziert ist. Die Anlage ist mit 250 A abgesichert und weist eine 120 mm<sup>2</sup> Zuleitung auf. In der Verteilung im ersten Feld ist genügend Reserveplatz vorhanden, um nötige Installationen für eine Photovoltaikanlage zu montieren. Die Wand direkt hinter der Verteilung, siehe Abbildung 18, bietet ausreichend Platz um die Anlagenkomponenten zu montieren. Auf der anderen Seite des Raumes führt eine Treppe hinunter zu den Pumpen.



*Abbildung 18: Blick hinter die Verteilung*

Die gesamte installierte Leistung der 2 Motoren beträgt 90 kW, wobei jeder Motor eine Nennleistung von 45 kW, mit den Nennströmen 75 A und einer Drehzahl von 2900 min<sup>-1</sup> aufweist. Die Pumpen stammen von der Firma Sterling SIHI mit der Bezeichnung HOWB 080020 AB DFA OB P01 und werden mit den Drehstrommotoren vom Typ ANGA-225ME-02 betrieben. Die beiden Motoren werden ebenso wie an den beiden vorangegangenen Standorten über einen Sanftanlasser gestartet und die primäre Pumpe ist täglich einige Stunden in Betrieb. Auch hier gilt dasselbe Prinzip, dass die zweite Pumpe nur als Backup zur Verfügung steht und nur bei weiterem Bedarf an Wasser in den Betriebszustand wechselt und Wasser fördert. Die Pumpe wird täglich zum Nachttarif betrieben und der Gesamtverbrauch der Anlage beträgt 49'243 kWh. Zu diesem Gesamtverbrauch trägt ebenso ein Entfeuchter bei, welcher eine installierte Leistung von 2.3 kW aufweist und mehrheitlich den ganzen Tag in Betrieb ist.

Das Dach des Pumpwerkes wird momentan von dem angrenzenden Bauer Otto Schrott bewirtschaftet und im Sommer weiden seine Kühe auf dieser Fläche. Herr Schrott ist nach Rückfrage der Realisierung einer Solaranlage positiv eingestellt. Einzig liegt ihm am Herzen, dass seine Kühe nicht auf die Fläche der Anlage gelangen könnten.

#### **4.1.4 Übersicht der Standorte**

Um das Kapitel Standorte und Grundlagen zusammenzufassen und eine Übersicht aufzuzeigen wurde die Tabelle 2 eingefügt. Hier sind alle Daten aufgelistet und in tabellarischer Form wiedergegeben.

*Tabelle 2: Übersicht über alle drei Standorte*

<b>Übersicht der Standorte</b>			
<i>Eigenschaften</i>	<i>Waisenhaus</i>	<i>Gerenu</i>	<i>Oedischwend</i>
Koordinaten	47.21731, 8.67244	47.21297, 8.66944	47.22435, 8.64146
Dachabmessungen (m)	7.2 x 12.3	14.8 x 15m	22 x 21
Fläche (m <sup>2</sup> )	88.5	222	462
Pumpen (kW)	2x30kW 2x55kW	2x30kW	2x45kW
Entfeuchter (kW)	1,3	1	2,3
Verbrauch (kWh/a)	89985	47061	49243
Pumpensteuerung	in der Nacht	in der Nacht	in der Nacht

## 4.2 Potentialabschätzungen

In diesem Kapitel wird aufgezeigt, wie gross die Potentiale an den verschiedenen Standorten zur solaren Energiegewinnung sind und welche Flächen als geeignet für eine Solaranlage erachtet werden.

### 4.2.1 Waisenhaus

In der nachfolgenden Tabelle 3 werden die potentiellen Jahreserträge für verschieden konzipierte Anlagen ausgewiesen. Die exakten Ausgabedateien der Ertragsprognose von PVGIS werden für zwei Anlagen, (in der Tabelle grün eingefärbt) im Anhang 3 beigelegt.

Tabelle 3: Potentiale des Standorts Waisenhaus

Potential Waisenhaus						
	Südliche Ausrichtung	Südliche Ausrichtung	Ost/West Ausrichtung	Ost/West Ausrichtung	Ost/West Ausrichtung	Ost/West Ausrichtung
Anlagentyp	Aufgeständert auf Flachdach					
Dachfläche (m <sup>2</sup> )	88,5					
Ausrichtung der Anlage	-4°	-4°	-94° & 86°	-94° & 86°	-94° & 86°	-94° & 86°
Neigung der Module	30°	20°	30°	30°	20°	10°
Anzahl Module (Stk.)	21	28	48	40	40	40
Gesamte Modulfläche (m <sup>2</sup> )	35,2	46,9	80,5	67,1	67,1	67,1
Anlagenleistung (kWp)	6,09	8,12	13,92	11,6	11,6	11,6
Anlagenwirkungsgrad (η in %)	85%	85%	75%	75%	75%	75%
4) Ertragsprognose PVGIS (kWh)	6 490	8 460	12 170	10 140	10 450	10 660
spez. Jahresertrag PVGIS (kWh/kWp/a)	1 066	1 042	874	874	901	919

Aus den Potentialanalysen wird ersichtlich, dass am Standort Waisenhaus eine Ost/West aufgeständerte Anlage übers Jahr verteilt mehr Stromertrag liefert, als eine nach Süden ausgerichtete Anlage. Dies liegt sicherlich an der höheren Modulbelegung pro Fläche, denn der spezifische Jahresertrag pro kWp fällt geringer aus als bei einer nach Süden ausgerichteten Anlage. Die grafische Visualisierung der Anlage zeigt, dass bei kleinerem Neigungswinkel mehr Module platziert werden können, was sich positiv auf den Jahresertrag auswirkt. Ausserdem zeigt die Analyse, dass bei flacherem Neigungswinkel der spezifische Jahresertrag ansteigt. Das ausgewiesene Jahrespotential bei einer nach Süden ausgerichteten Anlage liegt bei 8'460 kWh. Dasjenige einer Ost/West Anlage liegt bei 10'450 kWh, beide Anlagen mit einem Neigungswinkel von 20°. Bei der Ost/West Variante wurde noch eine Lösung mit 48 Modulen abgeschätzt, bei dieser jedoch werden die Module sehr nahe zueinander gestellt, was bei einer späteren Analyse mit PVSol gezeigt hat, dass es zu stärkeren Verschattungen führt.

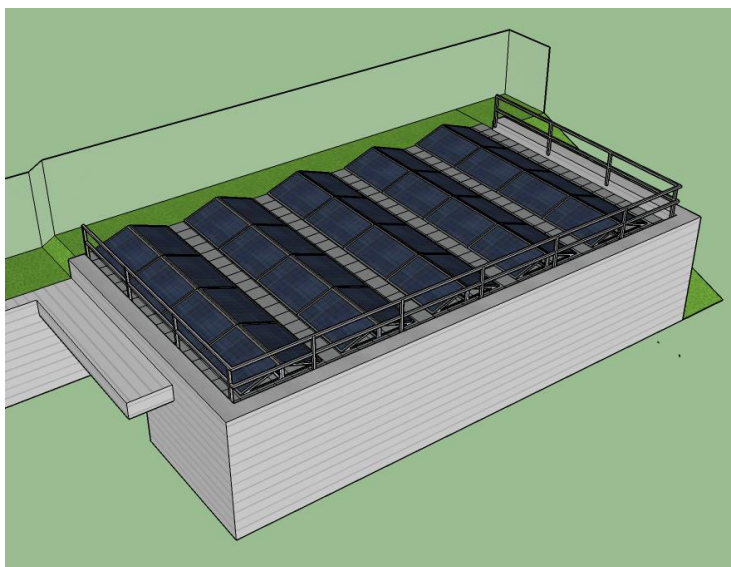


Abbildung 19: Visualisierung Waisenhaus mit einer Ost/West Anlage

#### 4.2.2 Gerenau

In der nachfolgenden Tabelle 4 werden die potentiellen Jahreserträge für unterschiedlich ausgerichtete Anlagen ausgewiesen. Ausserdem wurde eine Abschätzung für das kleinere Dach gemacht und auch für die Fassade welche nach Nordosten gerichtet ist. Die exakten Ausgabedateien der Ertragsprognose von PVGIS werden für zwei Anlagen, in der Tabelle grün eingefärbt, im Anhang 4 beigelegt.

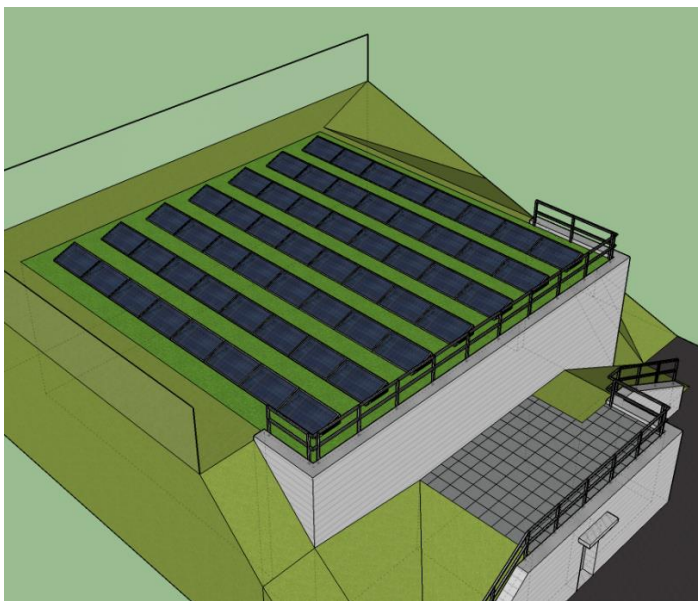
Tabelle 4: Potentiale des Standorts Gerenau

Potential Gerenau							
	Südliche Ausrichtung	Südliche Ausrichtung	Ost/West Ausrichtung	Ost/West Ausrichtung	Südliche Ausrichtung	Östliche Ausrichtung	Südliche Ausrichtung
Anlagentyp	Aufgeständert auf Flachdach				an Fassade montiert		
Dachfläche (m²)	222				30,8	49,1	
Ausrichtung der Anlage	-30°	-30°	-120° & 60°	-120° & 60°	-30°	-120°	0°
Neigung der Module	30°	20°	30°	20°	20°	90°	90°
Anzahl Module (Stk.)	48	56	112	96	8	27	27
Gesamte Modulfläche (m²)	80,5	93,9	187,8	161,0	13,4	45,3	45,3
Anlagenleistung (kWp)	13,92	16,24	32,48	27,84	2,32	7,83	7,83
Anlagenwirkungsgrad ( $\eta$ in %)	85%	85%	75%	75%	85%	75%	75%
4) Ertragsprognose PVGIS (kWh)	14500	16700	28100	25000	2380	2930	5680
spez. Jahresertrag PVGIS (kWh/kWp/a)	1 042	1 028	865	898	1 026	374	725

Aus der obigen Tabelle wird ersichtlich, dass das errechnete Jahrespotential bei einer nach Süden ausgerichteten Anlage und einem Neigungswinkel von 20° bei 16'700 kWh liegt. Für die Anlage mit gleichem Neigungswinkel, jedoch der Ausrichtung nach Ost und West liegt das Potential höher, bei 25'000 kWh. Um diese beiden Erträge zu erwirtschaften, müssen die Dächer voll belegt werden. Für diesen Standort wurde auch eine Abschätzung für die kleinere Dachfläche gemacht. Das Potential wurde ohne die Verschattung, welche das Pumpwerk auf die Fläche wirft mit 2'380 kWh ausgewiesen. Mit PVSol ergab die Simulation einen Wert von



1'380 kWh. Dieser Wert erscheint realistischer, da die Nahverschattung miteinbezogen wurde. Die Werte ergaben, dass eine Ertragsminderung durch die Abschattung von 42.6% pro Jahr resultiert und der spezifische Jahresertrag 595 kWh/kWp beträgt. Ebenso wurde die Fassadenfläche zur Nordostseite hin simuliert, hier wurde ein Solarertrag von 2'930 kWh prognostiziert. Um diesen Wert einordnen zu können, wurde die gleiche Anlage perfekt nach Süden ausgerichtet und simuliert, hier wurde ein Wert von 5'680 kWh errechnet. Somit zeigt sich, dass die Nordostfassade nur die Hälfte an Ertrag generiert, als an einer Südfassade möglich wäre. In PVSol wurde durch die Simulation ein leicht besserer spezifischer Jahresertrag von 445 kWh/kWp, im Vergleich zu den 374 kWh/kWp von PVGIS, ausgegeben.



*Abbildung 20: Visualisierung Gerenau mit einer Südlichen Anlage*

### 4.2.3 Oedischwend

Für den Standort Oedischwend wurden ebenfalls Solarpotentiale errechnet. Dieser Standort weist die grösste bebaubare Fläche auf und somit auch das grösste Potential. In der Tabelle 5 werden die potentiellen Jahreserträge für verschieden ausgerichtete Anlagen aufgezeigt. Die exakten Ausgabedateien der Ertragsprognosen von PVGIS werden für die in der Tabelle grün eingefärbten Werte im Anhang 5 beigelegt.

Tabelle 5: Potentiale des Standorts Oedischwend

	Potential Oedischwend						
	Südwestliche Ausrichtung	Südwestliche Ausrichtung	Nordost/Süd west	Nordost/Süd west	Südliche Ausrichtung	Südliche Ausrichtung	Ost/West Ausrichtung
Anlagentyp	Aufgeständert auf Flachdach						
Dachfläche (m²)	462						
Ausrichtung der Anlage	42°	42°	-138° & 42°	-138° & 42°	-2°	-2°	-90° & 90°
Neigung der Module	30°	20°	30°	20°	30°	20°	20°
Anzahl Module (Stk.)	115	126	260	230	95	111	182
Gesamte Modulfläche (m²)	192,8	211,3	435,9	385,6	159,3	186,1	305,2
Anlagenleistung (kWp)	33,35	36,54	75,40	66,70	27,55	32,19	52,78
Anlagenwirkungsgrad ( $\eta$ in %)	85%	85%	75%	75%	85%	85%	85%
4) Ertragsprognose PVGIS (kWh)	34 100	37 000	65 000	59 900	29 400	33 700	47 700
spez. Jahresertrag PVGIS (kWh/kWp/a)	1 022	1 013	862	898	1 067	1 047	904

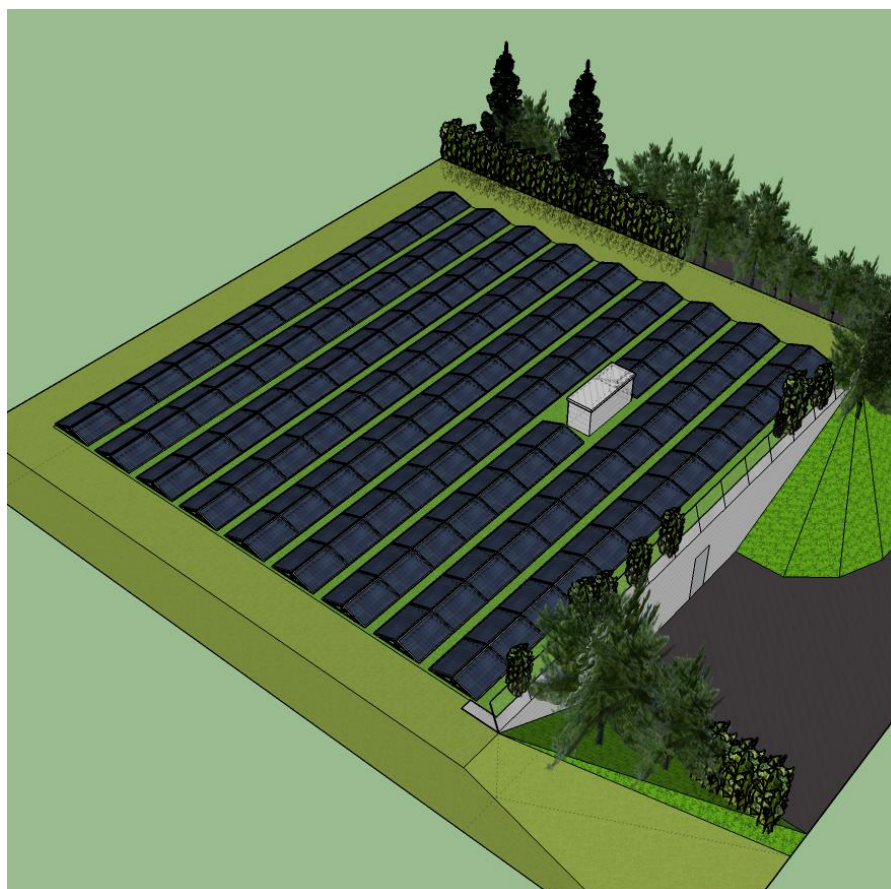


Abbildung 21: Visualisierung Oedischwend mit einer Nordost/Südwestlichen Anlage

In der Tabelle 5 wird aufgezeigt, dass der mögliche jährliche Solarertrag bei einer nach Nordost und Südwesten ausgerichteten Anlage am höchsten ausfällt. Bei diesem Anlagendesign kann die Dachfläche am effizientesten mit Modulen belegt werden und somit ergibt sich ein jährlicher Ertrag von 59'900 kWh. Eine Anlage welche nahezu perfekt nach Süden ausgerichtet wird, erzielt laut Simulation einen Ertrag von rund 33'700 kWh und einen spezifischen Jahresertrag von 1'047 kWh/kWp.

#### **4.2.4 Übersicht**

Bei den Potentialanalysen wird ersichtlich, dass die Ost/West ausgerichteten Anlagen den höchsten Jahresstromertrag liefern, bei einer nach Süden ausgerichteten Anlage jedoch der spezifische Jahresertrag höher ausfällt. Ausserdem zeigt sich, dass bei tieferer Neigung der Module die Abstände zwischen den Modulen geringer ausfallen und somit eine höhere Anzahl Module auf die Dachfläche gelegt werden kann, der Ertrag jedoch nicht geschmälert wird. Es wird ersichtlich, dass sich bei den beiden Standorten Waisenhaus und Gerenau, durch die ganze Belegung des Daches eine Anlage unter 30 kWp ergibt, somit EIV Begünstigt ist und dadurch eine bessere Rendite aufweist. Einzig beim Standort Oedischwend könnte eine grössere Anlage erstellt werden. Eine genaue Übersicht der Standorte und derer Potentiale wird bei dem nächsten Kapitel zusammen mit den Verbräuchen aufgezeigt.

Unsicherheiten bezüglich der Solarpotentialanalysen ergeben sich durch die Berechnungen des Berechnungstools. Mit dem Tool PVGIS wird der Stromertrag mit hinterlegten Datensätzen wie Sonneneinstrahlung oder vorgegebenen Wirkungsgraden der Komponenten berechnet. Exakte Angaben welche sich auf die Module oder die Wechselrichter beziehen, den Horizont oder auch auf das Wetter, können nicht eingegeben werden.

Eine weitere Unsicherheit bezüglich der Potentiale ist die Verschattung, am Standort Waisenhaus ist dies das Gelände auf dem Dach, als auch der Maschendrahtzaun um das Areal. Beim Pumpwerk Gerenau ist es ebenso das Gelände auf dem Dach, der Maschendrahtzaun sollte jedoch kein Problem darstellen, da er weiter Weg vom Dachrand gelegen ist, ausser bei sehr tiefem Sonnenstand könnte dies zu Schattenbildung auf den Modulen führen. Beim Reservoir Oedischwend ist das Gelände nur an der Nordostseite montiert, was auch hier nur zu geringem Schattenwurf führt. Die Vegetation sollte an allen drei Standorten zu keinerlei Problemen führen, da laut Zvezdan Paunovic alles gestutzt werden kann.



## 4.3 Energiebilanz

In diesem Kapitel wird eine Leistungszusammenstellung über alle drei Standorte aufgezeigt.

### 4.3.1 Waisenhaus

Aus der Kostenaufstellung wird ersichtlich, dass die Energielieferung aus Naturstrom basic besteht. Gesamthaft wurden an diesem Standort 89'985 kWh im Zeitraum vom 01.01.2016 – 19.12.2016 verbraucht. Aufgeteilt bedeutet dies, dass etwa 4'000 kWh im Hochtarif und 86'000 kWh im Niedertarif verbraucht wurden. Die Kosten für diese Energielieferung belaufen sich auf 11'983 Franken für das Jahr 2016 (EKZ Tarifsammlung, 2016). Für das Jahr 2017 wurden die Preise der EKZ gesenkt wodurch für die gleiche Energiemenge 320 Franken eingespart werden (EKZ Tarifsammlung, 2017). Die Kostenaufstellung für diesen Standort findet sich im Anhang 6.

Die Leistungszusammenstellung, zu sehen in Tabelle 6, zeigt die verschiedenen Verbraucher am Standort Waisenhaus. Zum einen sind dies die 4 Pumpen, zum anderen der Entfeuchter und die Beleuchtung. Die Hilfsbetriebe wie Ausgleichsklappen, Ventilationen, Messungen, Anzeigen und die Spannungsüberwachung wurden in die Sparte Diverses eingeteilt. Die Leistungszusammenstellung wurde weiter in zwei Hälften eingeteilt, in Sommer und Winter und zum anderen wurde eine Woche mit den Wochentagen dargestellt. Die Gründe dafür liegen in den Ausführungen von Herr Paunovic, den nach seinen Angaben ist der Verbrauch im Sommer höher als im Winter und ebenso ist der Verbrauch am Wochenende höher als unter der Woche. Hier wurde davon ausgegangen, dass etwa 40% im Winter und 60% im Sommer verbraucht werden. Ebenso wurden am Wochenende die Betriebszeiten der Pumpen um den Faktor 1.5 erhöht.

Die Leistungszusammenstellung zeigt, dass im Winterhalbjahr etwa 36'000 kWh und im Sommerhalbjahr etwa 54'000 kWh verbraucht wurden. Ausserdem wird der Stromverbrauch ohne Pumpen aufgezeigt, welcher sich auf 9'365 kWh beläuft. Der totale Stromverbrauch weicht in der Leistungszusammenstellung leicht von der Wirklichkeit ab, jedoch liegt diese Abweichung im Promille Bereich und hängt mit den angegebenen Betriebszeiten zusammen.

Abbildung 22 zeigt die Tagesverläufe des Reservoirs welche in der Jahressumme 89'965 kWh ergeben, der durchschnittlichen PV-Tagesproduktion aus der Potentialanalyse gegenübergestellt. Aus der Potentialanalyse wurde die südlich ausgerichtete Anlage mit 8.12 kWp und einer Jahresproduktion von 8'460 kWh für die Visualisierung verwendet. Die Grafik zeigt, dass die Anlage etwa 10% des eigenen Verbrauchs produzieren kann. Bei der Abbildung 23 wurde der Tagesverbrauch ohne Pumpen der gleichen Anlage gegenübergestellt. Hier zeigt

sich ein anderes Bild, denn hier liegen Tagesverbrauch und PV-Tagesproduktion über das ganze Jahr verteilt nahezu gleich auf, mit einer PV-Produktion von 8'460 kWh und einem Jahresverbrauch von 9'365 kWh.

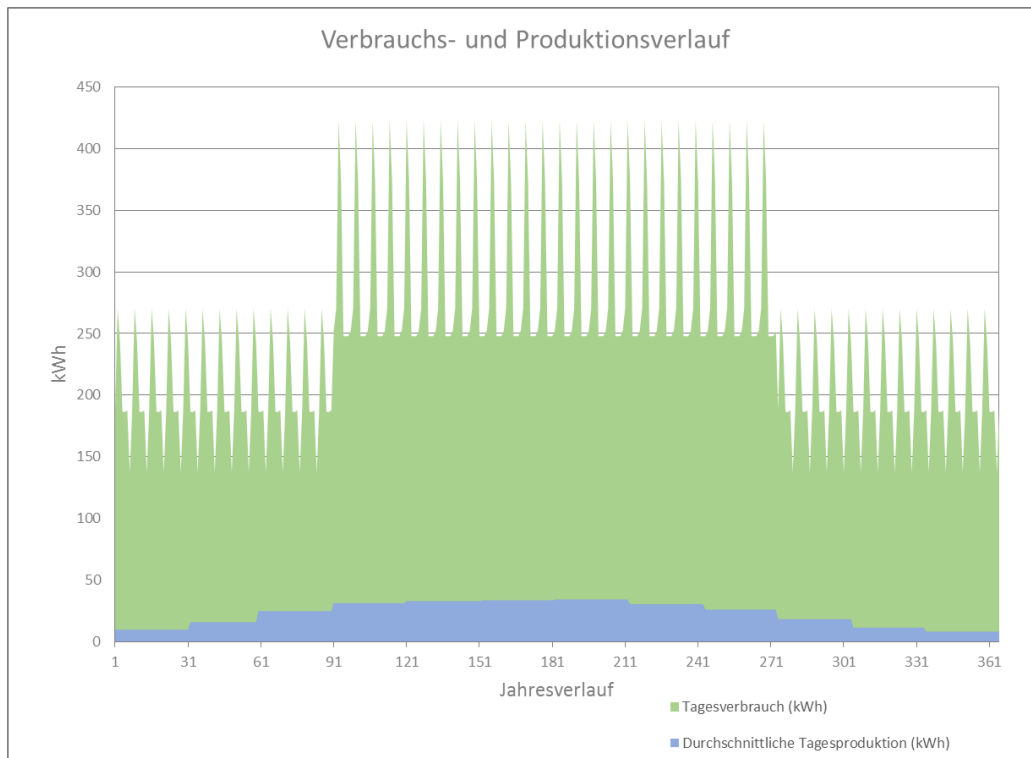


Abbildung 22: Verbrauchs- und Produktionsverlauf über ein ganzes Jahr

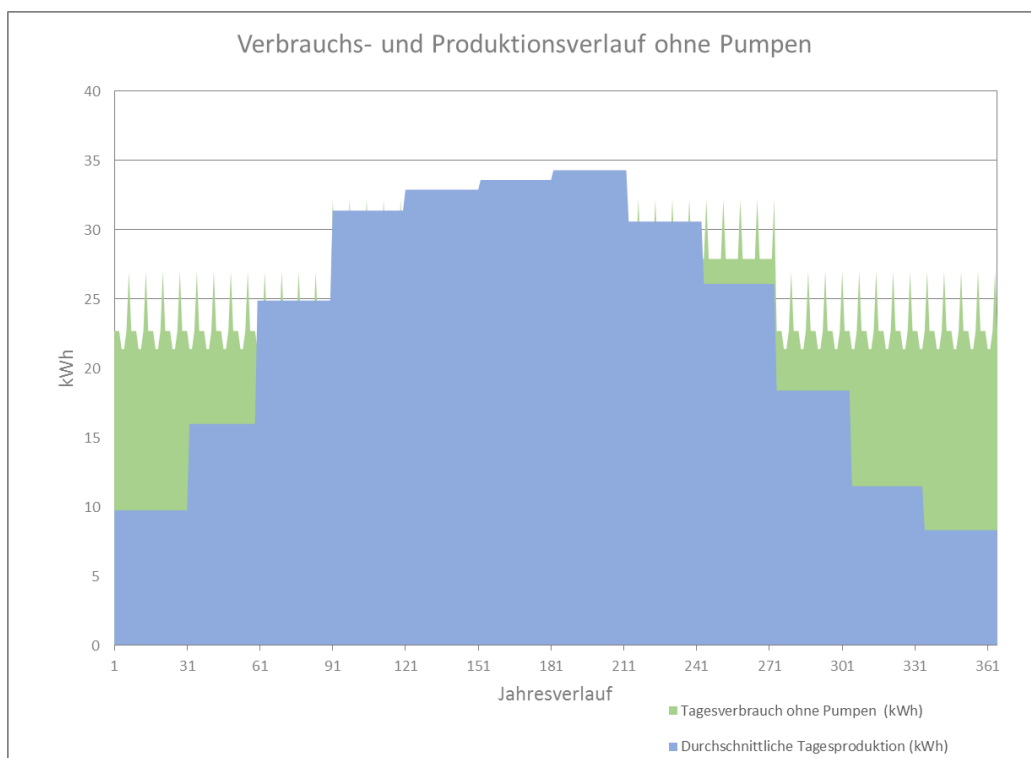


Abbildung 23: Verbrauchs- und Produktionsverlauf ohne Pumpen über ein ganzes Jahr

Tabelle 6: Leistungszusammenstellung Pumpwerk Waisenhaus

Leistungszusammenstellung Oktober - März																Pumpwerk Waisenhaus							
Verbraucher		Menge	Installierte Leistung	Gleichzeitigkeitsfaktor	Bezugsleistung	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Montag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Dienstag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Mittwoch	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Donnerstag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Freitag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Samstag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Sonntag	Stromverbrauch	Stromverbrauch		
(kW)			(kW)		(kW)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)	(kWh/Woche)	(kWh/a/2)		
Pumpe 1	55,0	1,0	55,0	1,00	55,00	1,5	82,50	1,5	82,50	1,5	82,50	1	55,00	1,5	82,50	2,25	123,75	2	110,00	618,75	16087,50		
Pumpe 2	55,0	1,0	55,0	1,00	55,00	1,5	82,50	1,5	82,50	1,5	82,50	1	55,00	1,5	82,50	2,25	123,75	2	110,00	618,75	16087,50		
Pumpe 3	30,0	1,0	30,0	1,00	30,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00		
Pumpe 4	30,0	1,0	30,0	1,00	30,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00		
Entfeuchter	1,30	1,0	1,30	0,80	1,04	16	20,80	16	20,80	17	22,10	17	22,10	17	22,10	17	22,10	17	22,10	152,10	3954,60		
Beleuchtung	0,058	37,0	2,15	0,10	0,21	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	4,29	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4,29	111,59		
Diverses	0,025	1,0	0,03	0,20	0,01	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	4,20	109,20		
Total		173,47				171,26		186,40		186,40		187,70		136,99		187,70		270,20		242,70		1398,09	36350,39
Total ohne Pumpen						21,40		21,40		22,70		26,99		22,70		22,70		22,70		160,59		4175,39	

Leistungszusammenstellung April - September																							
Verbraucher		Menge	Installierte Leistung	Gleichzeitigkeitsfaktor	Bezugsleistung	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Montag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Dienstag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Mittwoch	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Donnerstag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Freitag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Samstag	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Sonntag	Stromverbrauch	Stromverbrauch		
(kW)			(kW)		(kW)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)		(kWh/d)	(kWh/Woche)	(kWh/a/2)		
Pumpe 1	55,0	1,0	55,0	1,00	55,00	2	110,00	2	110,00	2	110,00	2	110,00	2	110,00	3,25	178,75	3	165,00	893,75	23237,50		
Pumpe 2	55,0	1,0	55,0	1,00	55,00	2	110,00	2	110,00	2	110,00	2	110,00	2	110,00	3,25	178,75	3	165,00	893,75	23237,50		
Pumpe 3	30,0	1,0	30,0	1,00	30,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,75	22,50	1,25	37,50	0,5	15,00	75,00	1950,00		
Pumpe 4	30,0	1,0	30,0	1,00	30,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00		
Entfeuchter	1,30	1,0	1,30	0,80	1,04	21	27,30	21	27,30	21	27,30	21	27,30	21	27,30	21	27,30	21	27,30	191,10	4968,60		
Beleuchtung	0,058	37,0	2,15	0,10	0,21	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	4,29	0	0,00	0	0,00	0	0,00	4,29	111,59		
Diverses	0,025	1,0	0,03	0,20	0,01	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	4,20	109,20		
Total		173,47				171,26		247,90		247,90		247,90		252,19		270,40		422,90		372,90		2062,09	53614,39
Total ohne Pumpen						27,90		27,90		27,90		32,19		27,90		27,90		27,90		199,59		5189,39	

Total Stromverbrauch über das ganze Jahr (kWh)																					89965
Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch (kWh)																					246
Total Stromverbrauch über das ganze Jahr ohne Pumpen (kWh)																					9365
Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch ohne Pumpen (kWh)																					26

#### 4.3.2 Gerenau

Die Kostenaufstellung für den Standort Gerenau findet sich im Anhang 7, daraus wird ersichtlich, dass die bezogene Energie aus Mixstrom Gewerbe besteht. An diesem Standort wurden für das gesamte Jahr 2016 47'061 kWh Energie verbraucht. Die Kosten betragen 5'793 Franken. Auch an diesem Standort können 2017 Kosten gespart werden, denn auch für diesen Tarif wurden die Preise gesenkt.

Die Leistungszusammenstellung in Tabelle 7 zeigt auch hier die verschiedenen Verbraucher, nach dem gleichen Prinzip wie im vorherigen Kapitel aufgebaut. Der wesentliche Unterschied liegt in der geringeren Anzahl Pumpen als auch in derer Leistungsstärke. Auch hier wurde die Zusammenstellung in zwei Jahreshälften unterteilt, jedoch zeigt sich hier, dass der Sommer-Winter unterschied nicht so gravierend ausfällt, wie am Standort Waisenhaus angenommen. Hier konnte der Verbrauch detaillierter erfasst werden, da die Daten in drei Monatszyklen festgehalten wurden wie im Anhang 7 zu sehen ist. Es zeigt sich, dass alle Jahresquartale einen ähnlichen Verbrauch aufweisen. Die Leistungszusammenstellung zeigt, dass etwa 7'281 kWh den übrigen Verbrauchern zuzuschreiben ist.

.

*Tabelle 7: Leistungszusammenstellung Pumpwerk Gerenau*

Leistungszusammenstellung Oktober - März																		Pumpwerk Gerenau											
Verbraucher		Menge	Installierte Leistung		Gleichzeitigkeitsfaktor	Bezugsleistung	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Montag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Dienstag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Mittwoch		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Donnerstag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Freitag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Samstag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Sonntag		Stromverbrauch	Stromverbrauch
(kW)			(kW)			(kW)		(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)		(kWh/Woche)	(kWh/a/2)
Pumpe 1	30,0	1,0	30,0	1,00	30,00	3,5	105,00	2,5	75,00	3,5	105,00	3	90,00	3,5	105,00	4	120,00	4	120,00	720,00	18720,00								
Pumpe 2	30,0	1,0	30,0	1,00	30,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	30,00	0	0,00	30,00	780,00								
Entfeuchter	1,00	1,0	1,00	0,80	0,80	17	17,00	17	17,00	17	17,00	18	18,00	18	18,00	18	18,00	18	18,00	123,00	3198,00								
Beleuchtung	0,058	20,0	1,16	0,10	0,12	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	2,32	0	0,00	0	0,00	2,32	60,32								
Diverses	0,025	1,0	0,03	0,20	0,01	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	4,20	109,20								
Total		62,19				60,92		122,60		92,60		122,60		108,60		125,92		168,60		138,60		879,52		22867,52					
Total ohne Pumpen						17,60		17,60		17,60		18,60		20,92		18,60		18,60		129,52		3367,52							

Leistungszusammenstellung April - September																													
Verbraucher		Menge	Installierte Leistung		Gleichzeitigkeitsfaktor	Bezugsleistung	Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Montag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Dienstag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Mittwoch		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Donnerstag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Freitag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Samstag		Betriebszeit (h)	Stromverbrauch Sonntag		Stromverbrauch	Stromverbrauch
(kW)			(kW)			(kW)		(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)			(kWh/d)		(kWh/Woche)	(kWh/a/2)
Pumpe 1	30,0	1,0	30,0	1,00	30,00	3	90,00	2	60,00	3	90,00	2	60,00	3	90,00	5	150,00	5	150,00	690,00	17940,00								
Pumpe 2	30,0	1,0	30,0	1,00	30,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	30,00	1	30,00	1	30,00	90,00	2340,00								
Entfeuchter	1,00	1,0	1,00	0,80	0,80	20	20,00	20	20,00	20	20,00	21	21,00	21	21,00	21	21,00	21	21,00	144,00	3744,00								
Beleuchtung	0,058	20,0	1,16	0,10	0,12	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	2,32	0	0,00	0	0,00	2,32	60,32								
Diverses	0,025	1,0	0,03	0,20	0,01	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	4,20	109,20								
Total		62,19				60,92		110,60		80,60		110,60		81,60		143,92		201,60		201,60		930,52		24193,52					
Total ohne Pumpen						20,60		20,60		20,60		21,60		23,92		21,60		21,60		150,52		3913,52							
Total Stromverbrauch über das ganze Jahr (kWh)																	47061												
Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch (kWh)																	129												
Total Stromverbrauch über das ganze Jahr ohne Pumpen (kWh)																	7281												
Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch ohne Pumpen (kWh)																	20												

### 4.3.3 Oedischwend

Die Kostenaufstellung zeigt, dass am Standort Oedischwend die Energielieferung aus Naturstrom basic Gewerbe besteht. Die genaue Aufstellung findet sich im Anhang 8. Im Jahre 2016 wurden an diesem Standort 49'243 kWh Strom verbraucht. Die Kosten belaufen sich auf 7'387 Franken und sinken auch hier im Jahre 2017. Es sind Daten zu jedem Monat vorhanden und daraus wird ersichtlich, dass der Verbrauch ganzjährig zwischen 3'000 kWh und 5'000 kWh monatlich liegt. Eine weitere Besonderheit an diesem Standort ist, dass die Stromspitzen als Wirkleistung im Hochtarif verrechnet werden.

Die Leistungszusammenstellung in Tabelle 8 zeigt die verschiedenen Verbraucher mit ihren Betriebszeiten. Die Tabelle zeigt eine leichte Abweichung des totalen Stromverbrauchs von 49'245 kWh gegenüber der Realität von 49'243 kWh. Diese Abweichung kommt ebenfalls durch die Betriebszeiten zustande. Des Weiteren wird durch die Aufstellung ersichtlich, dass etwa ein Drittel des benötigten Stromes den übrigen Verbrauchern zugeschrieben wird, dies entspricht 16'485 kWh. Zum grössten Teil ist es der Entfeuchter, welcher eine installierte Leistung von 2.3 kW aufweist und nahezu den ganzen Tag in Betrieb ist.

*Tabelle 8: Leistungszusammenstellung Pumpwerk Oedischwend*

Leistungszusammenstellung Oktober - März																	Pumpwerk Oedischwend																			
Verbraucher		Menge	Installierte Leistung		Gleichzeitigkeitsfaktor	Bezugsleistung	Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Montag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Dienstag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Mittwoch		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Donnerstag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Freitag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Samstag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Sonntag		Stromverbrauch	Stromverbrauch
(kW)		(kW)	(kW)	(kW)			(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/Woche)	(kWh/a/2)		
Pumpe 1	45,0	1,0	45,0	1,00	45,00	1,5	67,50	1,5	67,50	1,5	67,50	2	90,00	2,25	101,25	3	135,00	3	135,00	663,75	17257,50															
Pumpe 2	45,0	1,0	45,0	1,00	45,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00															
Entfeuchter	2,30	1,0	2,30	0,80	1,84	17	39,10	17	39,10	17	39,10	18	41,40	18	41,40	18	41,40	18	41,40	282,90	7355,40															
Beleuchtung	0,058	20,0	1,16	0,10	0,12	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	2,32	0	0,00	0	0,00	2,32	60,32															
Diverses	0,025	1,0	0,03	0,20	0,01	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	4,20	109,20															
Total		93,49				91,96	107,20		107,20		107,20		132,00		145,57		177,00		177,00		953,17	24782,42														
Total ohne Pumpen						39,70		39,70		39,70		42,00		44,32		42,00		42,00		289,42	7524,92															

Leistungszusammenstellung April - September																																				
Verbraucher		Menge	Installierte Leistung		Gleichzeitigkeitsfaktor	Bezugsleistung	Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Montag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Dienstag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Mittwoch		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Donnerstag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Freitag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Samstag		Betriebszeit (h)		Stromverbrauch Sonntag		Stromverbrauch	Stromverbrauch
(kW)		(kW)	(kW)	(kW)			(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/d)	(kWh/Woche)	(kWh/a/2)		
Pumpe 1	45,0	1,0	45,0	1,00	45,00	1,5	67,50	1,5	67,50	1,5	67,50	2	90,00	1,75	78,75	2,5	112,50	2,5	112,50	596,25	15502,50															
Pumpe 2	45,0	1,0	45,0	1,00	45,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0,00	0,00															
Entfeuchter	2,30	1,0	2,30	0,80	1,84	21	48,30	21	48,30	21	48,30	21	48,30	21	48,30	21	48,30	21	48,30	338,10	8790,60															
Beleuchtung	0,058	20,0	1,16	0,10	0,12	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	2	2,32	0	0,00	0	0,00	2,32	60,32															
Diverses	0,025	1,0	0,03	0,20	0,01	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	24	0,60	4,20	109,20															
Total		93,49				91,96	116,40		116,40		116,40		138,90		129,97		161,40		161,40		940,87	24462,62														
Total ohne Pumpen						48,90		48,90		48,90		48,90		51,22		48,90		48,90		344,62	8960,12															

Total Stromverbrauch über das ganze Jahr (kWh)																			49245
Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch (kWh)																			135
Total Stromverbrauch über das ganze Jahr ohne Pumpen (kWh)																			16485
Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch ohne Pumpen (kWh)																			45

#### 4.3.4 Übersicht

Um eine Übersicht der Energiebilanzen aufzuzeigen, wurde die Tabelle 9 generiert. Hier werden die wichtigsten Daten über die drei Standorte zusammengefasst. Der Standort Waisenhaus weist den grössten Stromverbrauch mit 90 MWh auf. Die beiden anderen Standorte verbrauchen jeweils etwas mehr als die Hälfte dessen. Ausserdem wird nochmals kurz aufgezeigt wie hoch die Stromkosten jedes Standorts sind und welches Energieprodukt bezogen wird. Aus dem vorherigen Kapitel werden die Abschätzungen betreffend dem maximal zu erwartenden Stromertrag aufgezeigt. Des Weiteren wurden die Kostenaufstellungen mit den Tarifen für naturstrom star gerechnet (siehe Anhang 8 nach dem Standort Oedischwend) weil die Stadt sich mit Gedanken trägt, die Tarife zu wechseln.

Die Kostenaufstellung und der genaue Verbrauch konnten aus Datentabellen und Rechnungen von Herr Paunovic und der Tarifsammlung der EKZ hergeleitet werden. Somit kann gesagt werden, dass Unsicherheiten auf das Ergebnis nahezu entfallen. Die grösste Unsicherheit für die Leistungszusammenstellung sind die Betriebszeiten. Beispielsweise laufen laut Angaben die Pumpen jede Nacht für 2-4 Stunden, jedoch konnten vereinzelt auch längere Betriebszeiten festgestellt werden, diese sporadischen Tage im Jahr wurden nicht festgehalten. Weiter konnte von Herr Paunovic festgestellt werden, dass am Standort Waisenhaus auch schon drei Pumpen gleichzeitig liefen, jedoch sollte dieser Fall mithilfe der Anlagesteuerung nicht eintreten und wurde aus diesen Gründen ebenfalls nicht erfasst. Die Betriebszeiten der Pumpen variieren je nach Wasserbedarf, jedoch kann sicherlich eine gewisse Konstanz in den Betriebszeiten beobachtet werden. Die Unsicherheit betreffend der Betriebszeiten des Entfeuchters oder der Beleuchtung sind gering, da mithilfe von Herr Paunovic diese Daten gut erfasst werden konnten.



Tabelle 9: Übersicht der Verbräuche und deren Kosten als auch die Potentialabschätzungen

Übersicht zur Energiebilanz									
	Verbrauch					Kosten		Potentialabschätzungen	
	Datenerfassung (kWh)	Leistungs- zusammenstellung (kWh)	Leistungs- zusammenstellung ohne Pumpen (kWh)	Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch (kWh)	Durchschnittlicher Tagesstromverbrauch ohne Pumpen (kWh)	Energiekosten (CHF)	Energielieferung	spezifischer Jahresertrag (kWh/kWp)	Ertrag aus Potentialabschätzung (kWh)
<b>Waisenhaus</b>									
Südliche Ausrichtung	89985	89965	9365	246	26	11983	Naturstrom	1042	8460
Ost/West Ausrichtung							basic	901	<b>10450</b>
<b>Gerenu</b>									
Südliche Ausrichtung								1028	16700
Ost/West Ausrichtung	47061	47061	7281	129	20	5793	Mixstrom	898	<b>25000</b>
Südliche Ausrichtung (klein)							Gewerbe	595	1380
östliche Ausrichtung (Fassade)								374	2930
<b>Oedischwend</b>									
Südliche Ausrichtung							Naturstrom	1047	33700
Ost/West Ausrichtung	49243	49245	16485	135	45	7387	basic	904	47700
Nordost/Südwest							Gewerbe	898	<b>59900</b>
Südwestliche Ausrichtung								1013	37000

#### 4.4 Konzeptentwicklung

An allen drei Standorten wird durch die Potentialanalysen ersichtlich, dass die grossen Dachflächen auf den Reservoiren gute Standorte für die Produktion von Solarstrom sind. Die beiden weiteren untersuchten Flächen am Standort Gerenau, die kleine Dachfläche nach Nordosten und die Fassade zur selben Seite hin werden nicht weiter betrachtet. Ausschlaggebend für diese Entscheidung sind die schlechten spezifischen Jahreserträge, denn für diese beiden Flächen ergaben sich Werte zwischen 400 und 600 kWh/kWp und Jahr und hohe Verschattungsverluste.

Bei der Einmalvergütung handelt es sich um eine einmalige Investitionshilfe, dabei wird ein Grundbeitrag je nach Inbetriebnahme Datum der Anlage und ein Leistungsbeitrag pro kWp einmalig ausbezahlt. Die kostendeckende Einspeisevergütung KEV wird Quartalsweise ausbezahlt und richtet sich nach der ins Netz eingespeisten Strommenge. Laut Swissgrid (2017) werden Anlagen seit dem 01.04.2014 unterschiedlich gefördert. Anlagegrössen von bis zu 10 kWp sind EIV berechtigt, Anlagen zwischen 10 und 30 kWp besitzen das Wahlrecht zwischen EIV und KEV und alle Anlagen grösser als 30 kWp sind einzig KEV berechtigt. Das Bundesamt für Energie (2017) hat am 22.Mai 2017 ein Faktenblatt veröffentlicht, in welchem geschrieben wurde, dass Neuanmeldungen keine Chance mehr auf eine Einspeisevergütung erhalten. Weiter wird geschrieben, dass Aufgrund des neu in Kraft tretenden Energiegesetzes am 1.Januar 2018 die Energieförderungsverordnung überarbeitet wird. Dies bedeutet, dass je nach Ausgestaltung der Verordnung die Obergrenze für Einmalvergütungen bis 100 kW angehoben werden könnte.

Aus wirtschaftlichen Überlegungen heraus werden die geplanten Anlagen aufgrund der zu erwartenden Förderbeiträge durch eine Einmalvergütung auf 29.9 kWp begrenzt. Bei den Standorten Waisenhaus und Gerenau wird diese installierte Leistung bei einer ganzheitlichen Ost/West Belegung der Dachfläche und somit die Grenze um EIV Begünstigt zu sein nicht tangiert. Am Standort Oedischwend würde bei einer voll belegten Fläche die installierte Leistung die Obergrenze überschreiten und dadurch würden keine Förderbeiträge ausbezahlt. Hier kann eine 29.9 kW Anlage geplant werden und die weitere Installation mit Hinblick auf eine Erweiterung der Einmalvergütung ab 1.Januar 2018 als Reserve vorgesehen werden. Wird hinsichtlich der Einmalvergütungen für Anlagen bis 100 kWp ein positiver Entscheid gefällt, könnte die gesamte Fläche am Standort Oedischwend realisiert und vergütet werden.

### **PV Anlage mit Steuerung:**

Die Idee, mithilfe einer Steuerung die Pumpen in Teillast zu betreiben und tagsüber dem Lastgang der Solaranlage zu folgen, würde zu einem hohen Eigenverbrauch führen. Nachts könnte die restliche Wassermenge gefördert werden.

Laut Herstellerangaben wäre es kein Problem, die Drehstrommotoren als auch die Pumpen in Teillast zu betreiben, jedoch werden aufgrund hoher Nennströme zwischen 50-100 A alle Motoren mit einem Sanftanlasser gestartet. Der Sanftanlauf bewirkt neben einem Schutz der mechanischen Komponenten auch die Begrenzung des Einschaltstromes und somit die Vermeidung eines Spannungseinbruchs oder des Auslösens des Leitungsschutzschalters. Jedoch ist der digitale Sanftanlasser des Typs ESA 3000-D nicht in der Lage, die Motoren in der nötigen Teillast zu betreiben. Das Problem sind die hohen Ströme welche die Motoren benötigen, denn obwohl diese Ströme bei einer Teillast der Motoren sinken würden, stehen beispielsweise am Standort Waisenhaus 98 A Nennstrom des Motors den 13.1 A Ausgangsstrom des einen Wechselrichters gegenüber. Am Standort Waisenhaus ist ein weiteres Kriterium von Belangen, den dieses Reservoir pumpt das Wasser synchron mit dem Reservoir Schönegg in die höher gelegenen Pumpwerke. Dies bedeutet, falls die Betriebszeiten der Pumpen am Standort Waisenhaus geändert werden, müsste dies parallel auch am Standort Schönegg geschehen. Die beiden weiteren Standorte ermöglichen die Planung einer grösseren Solaranlage, womit höhere Ströme erzielt werden und somit das Verhältnis von Nennstrom zum Ausgangsstrom verbessert wird. Jedoch gilt auch zu beachten, dass der Wechselrichter diese Ausgangsleistung nur bei optimalen Betriebsbedingungen aufweist. Somit zeigt sich, dass bei der momentanen Situation und technischen Grundlage der Pumpwerke keine Steuerung ergänzt werden kann. Eine Lösung um eine Steuerungsvariante umzusetzen wäre der Umbau der Anlagensteuerung. Wenn dieser Sanftanlasser durch einen Frequenzumformer ersetzt werden würde, könnte dieser den Lastgangverlauf zwischen Solaranlage und Motoren übernehmen.

Für alle drei Standorte wird auf eine detaillierte Planung der Steuerung verzichtet, aus den oben genannten Gründen. Für den Standort Oedischwend wird jedoch aufgezeigt, was die Umrüstung der Anlagensteuerung ungefähr kosten würde. In einem Telefonat mit der Firma Meier Elektronik aus Buttisholz wurden für einen Umbau zweier Pumpen in der Grössenordnung von 45 kW etwa 15'000-20'000 CHF veranschlagt. Die beiden Frequenzumformer machen dabei rund die Hälfte aus, Steuerung, Netzfilter und Arbeiten die andere Hälfte.

### PV Anlagen mit Batterie:

Die durchschnittlichen Tagesstromverbräuche liegen sehr hoch. Somit könnte ein grosser Speicher eingesetzt werden um den Eigenverbrauch zu erhöhen um die Pumpen zu betreiben. Der limitierende Faktor ist die täglich produzierbare Menge Elektrizität der PV Anlage. Diese schwankt stark zwischen den Winter- und Sommermonaten. Des Weiteren gilt zu beachten, dass die Pumpenmotoren sehr hohe Verbräuche in kurzer Zeit aufweisen und der Speicher je nach Grösse schnell entladen wird. Zusätzlich sprechen die hohen Investitionskosten gegen grosse Speicher. Aus diesen Gründen scheint es nicht sinnvoll, einen allzu grossen Speicher einzuplanen. Die Simulationen der Anlagenplanung in PVSol und die Wirtschaftlichkeitsrechnungen werden zeigen, wie weit sich die Installation eines Speichers lohnt. Simuliert werden vorwiegend die Speichergrossen 10 kWh und 20kWh.

### Konzepte:

Für alle drei Standorte werden Ost/West aufgeständerte Anlagen projektiert, aufgrund der besseren über den Tag verteilten Stromproduktion, der höheren Modulbelegungszahl und somit der installierten Leistung pro Fläche. Die zu planenden Anlagen werden hier aufgelistet und die detaillierte Planung folgt anschliessend im nächsten Kapitel.

- Waisenhaus 11.6 kWp
- Gerenau 27.84 kWp
- Oedischwend 29.58 kWp (66.7 kWp)

Ausserdem wird für den Standort Oedischwend die Möglichkeit eines Ausbaus in Betracht gezogen, diese Variante ist in der obigen Auflistung in Klammern gesetzt. Diese Möglichkeit wird einzig in PVSol simuliert und die Kosten der Variante aufgezeigt, jedoch nicht detailliert ausgearbeitet.

## 4.5 Planung und Anlagendesign

### 4.5.1 Module

Bei der Auswahl der Module war es dem Autor und Anlagenplaner wichtig, hochwertige und langlebige Module einzuplanen. Ausserdem wollte der Autor auch ökologische Aspekte miteinbeziehen und zog deshalb die Solar Scorecard aus dem Jahre 2015 hinzu. Diese Scorecard wird von der Silicon Valley Toxics Coalition (Bewertungsportal) ausgearbeitet und bewertet Unternehmen bei der Produktion ihrer Solarmodule in verschiedensten ökologischen und sozialen Bereichen. Aus diesem Grunde wurde in einem ersten Schritt ein Modul des Herstellers Solarworld ausgewählt welcher auf dem 2. Platz landete (SOLAR SCORECARD, 2015). Leider musste Solarworld im Verlaufe dieser Arbeit laut dem Handelsblatt (2017) Insolvenz anmelden und kämpft ums Überleben in der Solarbranche. Aus diesem Grund wurde neu entschieden. Die Auswahl fiel auf den Solarhersteller LG Solar aus Südkorea, welcher als Tochterunternehmen von LG Electronics agiert und auf der Scorecard (2015) den 8. Platz belegt. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wurde bei der Offerierung darauf geachtet, dass auch günstigere Module mit ähnlichen technischen Werten oder Abmessungen offeriert werden.

Die Anlagenplanung erfolgte mit dem Modultypen LG290S1C-L4 aus der LG Mono X2 Reihe. Das gewählte Modul ist ein Monokristallines Modul und wurde nach der eigenen CELLO Technologie von LG entwickelt. Das Modul besticht durch hohe Lebensdauer, leichte Handhabung und hohe Effizienz. Des Weiteren werden sämtliche Standards eingehalten, nach IEC-Norm getestet und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Hagelschlag und anderen äusseren Einflüssen gewährleistet. LG Solar garantiert eine 12 Jährige Produktgarantie und eine verbesserte Leistungsgarantie, wobei die jährliche Degradationsrate bei -0.6 %/Jahr liegt. Weitere Angaben zum Modul können dem Datenblatt im Anhang 9 entnommen werden (LG Solar, 2017).

Ausgehend von der Visualisierung in Sketch up kann die Dachfläche am Standort Waisenhaus mit 40 LG Modulen in der Grösse 1640 mm \* 1000 mm \* 40 mm, 290 Wp Nennleistung und 17.7% Modulwirkungsgrad belegt werden. Die Installation der Aufständering erfolgt direkt auf die Verbundplatten und die Neigung beträgt 10°. Zur Beschwerung werden Betonsteine verwendet. Die Anlage wird mittig ausgerichtet, genaue Masse werden im Kapitel Kabelführung und Installation aufgezeigt. Die gesamte Installierte Leistung beträgt 11.6 kWp.

Für den Standort Gerenau und Oedischwend gelten die gleichen Spezifikationen, jedoch werden hier noch Gärtnerarbeiten benötigt um den Boden vorzubereiten. Hier wird die oberste Erdschicht abgetragen, Vegetationsmatten verlegt, Kies aufgeschüttet und Verbundsteine

verlegt. Die Aufständering kann dann direkt über diese Verbundsteine befestigt werden. Für den Standort Gerenau werden 96 Module mit einer gesamten installierten Leistung von 27.84 kWp projiziert und für den Standort Oedischwend sind es 102 Module mit insgesamt 29.58 kWp Leistung.

#### **4.5.2 Wechselrichter**

Als Grundlage für die Wahl des Wechselrichters wurde die installierte Leistung der Anlagen als auch die Nahverschattung betrachtet. Die meisten Wechselrichter in der benötigten Leistungsklasse verfügen über ähnliche Leistungsangaben, wobei die Wahl auf die Wechselrichter von SMA fiel. Die Baureihe Sunny Tripower bietet die transformatorlosen, dreiphasigen Wechselrichter mit Bemessungsleistungen von 5-25 kW an. Alle Wechselrichter dieser Baureihe verfügen über zwei MPP-Tracker, welche die separate Optimierung zweier Modulstränge ermöglichen. Für die Standorte Waisenhaus und Gerenau wäre es von Vorteil gewesen, die Geländer auf dem Dach, als auch den Maschendrahtzaun simulieren zu können um die Abschattungsverluste zu bestimmen. Jedoch konnten diese baulichen Komponenten nicht in PVSol konstruiert werden. In frühen Morgen- als auch späten Abendstunden werfen diese Geländer einen feinen Schatten, jedoch werden die Verluste als geringfügig eingeschätzt. Für den Standort Waisenhaus, wo dieser Verschattung der grösste Einfluss aller drei Standorte zugemessen wird, wurde ebenfalls eine Offerte für einen SolarEdge Wechselrichter eingeholt. Dieses System optimiert mithilfe Leistungsoptimierer jedes einzelne Modul und minimiert die Verluste. Die genauen Stringpläne werden im Kapitel Kabelführung und Installation aufgezeigt. Für Ost/West aufgeständerte Anlagen können die Wechselrichter laut Koller (2015) mit 80% der PV-Nennleistung bemessen werden, da auf der Anlage zu keiner Zeit die ganze Einstrahlung erreicht wird. Dies bedeutet, dass beispielsweise bei der Anlage Waisenhaus mit 11.6 kWp PV-Generatorleistung ein Wechselrichter mit 9 kVA AC-Leistung ausreichend ist. Diese situationsangepasste und optimierte Auslegung der Wechselrichter kann nicht mit einem Standardprogramm simuliert werden, bei den ausführlichen Planungen und Offertanfragen wurde ein Wechselrichter verplant, weshalb die PVSol Komponenten von der Planung in diesem Dokument abweichen. Nachfolgende Aufstellung der Standorte und projektierter Wechselrichter:

- Waisenhaus 11.6 kWp → Sunny Tripower 9000TL
- Gerenau 27.84 kWp → Sunny Tripower 3x8000TL
- Oedischwend 29.58 kWp → Sunny Tripower 25000TL

Weitere Informationen können den Datenblättern im Anhang 10 entnommen werden (Sunny Tripower, 2017).

### **4.5.3 Batterie**

Für die Installation einer Batterie wurde auf den Hersteller Tesvolt zurückgegriffen. Bei der Planung mit PVSol konnten die Batterien Tesvolt TS 10 9.6 kWh und Tesvolt TS 20 19.2 kWh simuliert werden. Von der Firma ecocoach AG in Schwyz konnten verschiedene Offerten zu Speichersystemen von tesvolt und sma eingeholt werden. Ausserdem wurde eine grosse Batterie für den Standort Oedischwend simuliert um die Stromspitzen abzuflachen. Hierfür wurde ein Tesvolt TS HV 70 mit 67 kWh Energiespeicher mit speziellem Batteriewechselrichter von SMA geplant. Sämtliche Datenblätter zu den Speichersystemen sind im Anhang 11 abgelegt. Die Resultate der Batteriesysteme werden zu einem späteren Zeitpunkt aufgezeigt.

### **4.5.4 Aufständering**

Um die Module nach Ost und West auszurichten, wird eine Aufständering für die Flachdächer benötigt. In der engeren Auswahl waren die Systeme der Schletter GmbH aus Deutschland oder die PV-Montagesysteme der Ernst Schweizer AG aus Hedingen. Für diese Projektierung wurde mit dem System MSP-FR-EW von Schweizer gearbeitet. Das System ist frei ausrichtbar, flexibel in der Neigung und kann ohne Dachdurchdringung befestigt werden. Die Neigung der geplanten Anlagen beträgt 10° und wird mit den nötigen Ballastlösungen geplant. Das Datenblatt zum System findet sich im Anhang 12. Für die Standorte Gerenau und Oedischwend muss der Boden vorgängig bearbeitet werden, da die Aufständering nicht auf den Rasen platziert werden kann. Der Boden ist unregelmässig verdichtet unter anderen aufgrund der Kuhherde die am Standort Oedischwend bis anhin weidete, dies könnte zu Absenkungen der Aufständering führen. Somit wird der Boden wo nötig verdichtet, eine Vegetationsmatte verlegt, Kies aufgeschüttet und Verbundsteine mit den Massen 0.5 m x 0.5m verbaut. Die Aufständering wird direkt auf diese Platten gestellt und kann auch direkt in diese Bodenplatten verankert werden. Falls nötig, werden zusätzliche Ballastlösungen aufgestellt.

### **4.5.5 Kabelführung und Installation**

An den beiden Standorten Waisenhaus und Oedischwend können die Wechselrichter direkt neben der Anlagensteuerung im Erdgeschoss platziert werden was die Kabelführung erleichtert. Einzig am Standort Gerenau müssen die Wechselrichter im Erdgeschoss direkt links neben der Türe platziert werden und die AC-Kabelführung von der Anlagensteuerung im Obergeschoss

nach unten geführt werden mithilfe eines Deckendurchbruchs. Die Erschliessung von der Anlagensteuerung bis zum Wechselrichter wird über AP Kabelkanäle geführt. Der Generatoranschlusskasten kann in allen drei Fällen an derselben Wand montiert werden wie der Wechselrichter, dies erleichtert auch die DC-Leitungsführung. Vom Generatoranschlusskasten aus werden die DC-Leitungen gebündelt über die Decke bis zur Aussenwand geführt, ebenfalls in Kabelkanälen. Am Standort Waisenhaus dient die Nordwand, am Standort Gerenau die Nordwestliche Wand als Gebäudeaustritt. Am Standort Oedischwend kann der Gebäudeaustritt einzig an der Nordöstlichen Wand vollzogen werden. Die DC-Leitungen werden ausserhalb des Gebäudes in Alu-Rohren bis zum Modulfeld geführt. Die weiteren Installationen AC-seitig in der Anlagensteuerung, als auch die geplanten Schutzeinrichtungen DC-seitig können aus den Prinzipschemas entnommen werden, ebenso wie die Kabelquerschnitte.

Um die Abschattungsverluste möglichst gering zu halten, wird bei den Modulsträngen so weit möglich darauf geachtet, dass die Module mit der grössten Verschattung zusammen auf einen MPP-Tracker geführt werden. Die genauen Modulstränge werden anschliessend für das Anlagenfeld Waisenhaus in der Abbildung 24 aufgezeigt, die beiden weiteren Standorte finden sich im Anhang 13. Die Kabelführung wird dahingehend optimiert, dass die Gesamtlänge der Kabelstränge möglichst klein bleibt und elektromagnetische Felder möglichst gering ausfallen.

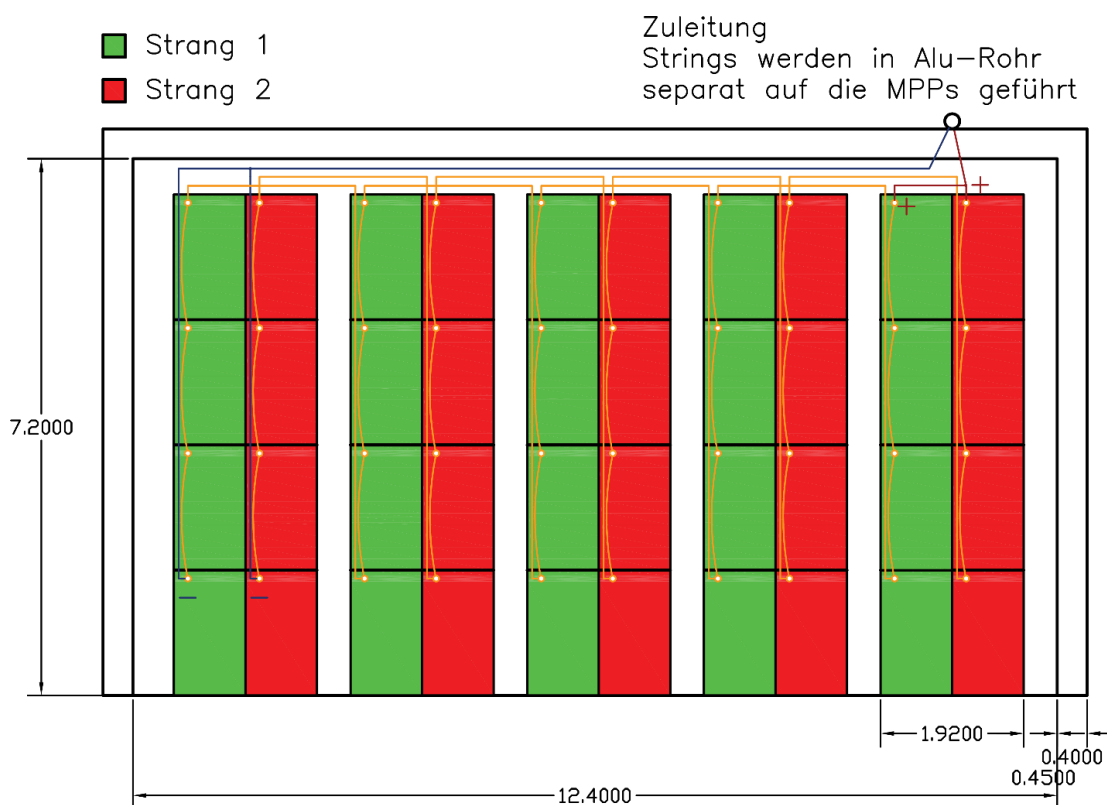


Abbildung 24: Stringplan der Ost-West Anlage am Standort Waisenhaus



Auf dem Modulfeld beträgt die Länge der Strings etwa 60 m inklusive 10 % Reserve. Von diesem Feld führen vier Leitungen über den Generatoranschlusskasten zum Wechselrichter. Die DC-Leitungen bis zum Modulfeld und zurück betragen etwa 32 m, woraus eine DC-seitige Gesamtlänge von 92 m pro Strang resultiert. Aus dieser Gesamtlänge lässt sich der Verlust der Leitungen auf 0.31 % berechnen, Details zu den Rechnungen werden im Anhang 14 ausgewiesen. Aus Kosten- und Effizienzgründen und um die Verluste gering zu halten werden gängige Installationsmaterialien verwendet. Die genauen Kabelquerschnitte und verwendeten Schutzeinrichtungen können im Prinzipschema im nächsten Kapitel betrachtet werden. Die Ertragsminderung durch Abschattung beträgt laut PVSol für das ganze Solarfeld 0.5 % pro Jahr. Dies ist ein sehr guter Wert, jedoch muss dieser mit Vorsicht betrachtet werden, denn das Gelände und der Maschendrahtzaun konnten nicht simuliert werden, weshalb dieser Wert in der Praxis schlechter ausfallen wird. Für die beiden weiteren Standorte und zur Übersicht werden in der Tabelle 10 die wichtigsten Kennzahlen aufgelistet, die Rechnungen dazu finden sich im Anhang 14.

*Tabelle 10: Übersicht über die Leitungslängen und Verluste*

Kabelführung und Installation				
Komponenten und Verluste	Einheit	Waisenhaus	Gerenu	Oedischwend
Länge der Strings	[m]	2x60	6x40	6x40
DC-Leitungen Modulfeld - GAK	[m]	2x32	6x80	6x65
DC-seitige Gesamtlänge	[m]	92	120	105
Leitungsverlust	[%]	0,31	0,39	0,34
Ertragsminderung durch Abschattung	[%/a]	0,5	0,6	0,3

Unter Berücksichtigung der maximal zulässigen Systemspannung der Wechselrichter von 1000 V können maximal 22 Module zu einem Strang zusammengeschaltet werden. Des Weiteren wurde auch mithilfe des maximalen Kurzschlussstromes an einem MPP Tracker des Wechselrichters berechnet, wie viele Strings maximal angeschlossen werden dürfen. Die Berechnungen finden sich im Anhang 15 für alle drei Standorte.

## 4.5.6 Prinzipschema

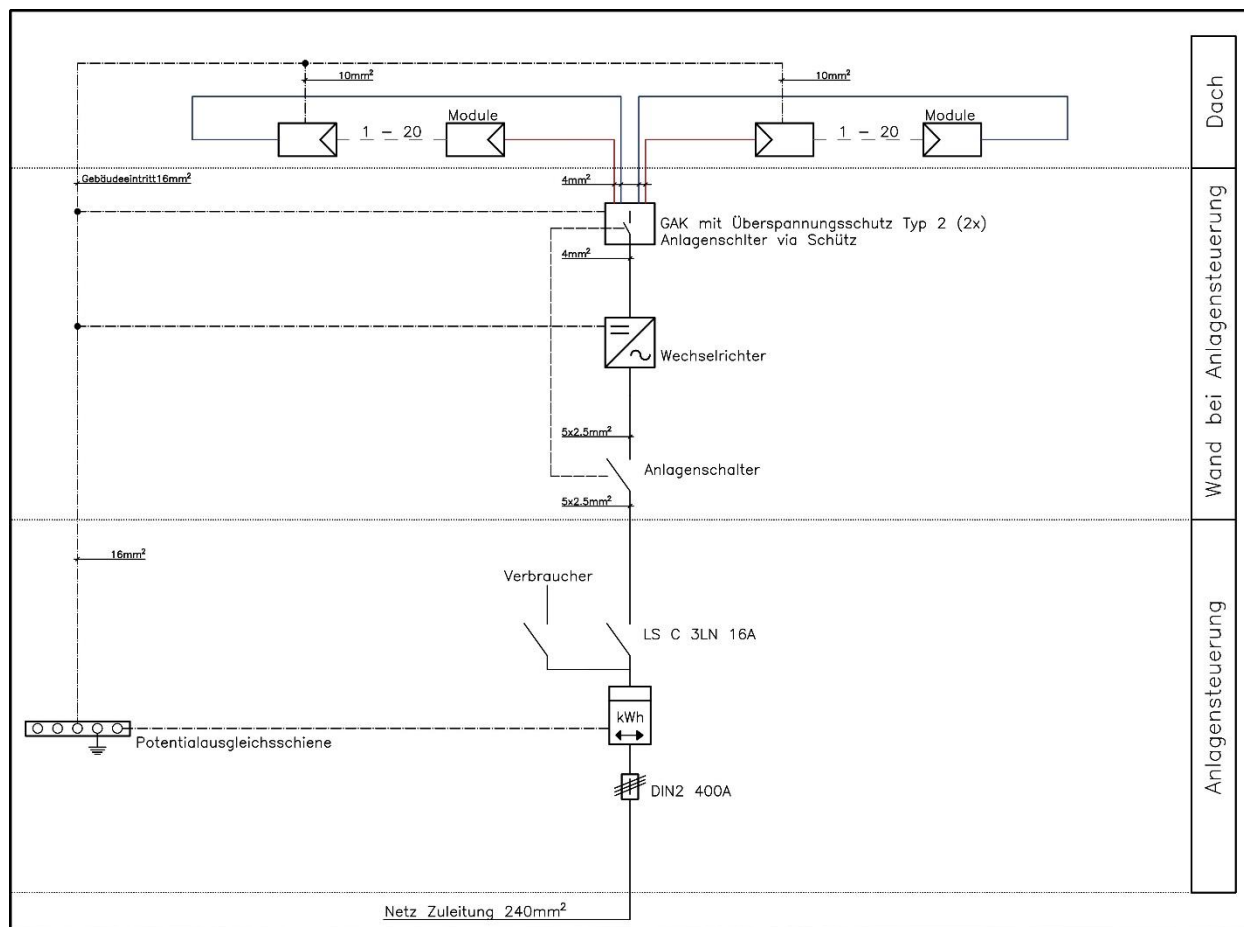


Abbildung 25: Prinzipschema für den Standort Waisenhaus

Das Prinzipschema für den Standort Waisenhaus zu sehen in der Abbildung 25 beinhaltet neben den gesamten Komponenten auch die Querschnitte aller geplanten Leitungen.

Für die Anlage Waisenhaus wird die Messanordnung „Überschuss“ geplant. Damit wird laut EKZ nur die Energiemenge ins Netz eingespeist, welche den Eigenverbrauch zum jeweiligen Zeitpunkt übersteigt. Hierfür wird eine Zweirichtungsmessung installiert. Lastgangmessungen mit automatischer Datenübermittlung werden einzig bei Anlagen über 30 kVA zur Pflicht (EKZ Tarifsammlung, 2017). Die Installation eines Produktionszählers wird empfohlen um die reine Erzeugung zu messen, wird hier aber nicht eingeplant. Um den Nachweis über die Herkunft und Qualität der produzierten elektrischen Energie zu erbringen muss die Anlage von Swissgrid erfasst und durch die EKZ beglaubigt werden. Anschliessend ist es möglich, die Herkunftsnachweise zu vermarkten und den ökologischen Mehrwert für die eingespeisene Energie zu verkaufen. Die Messanordnung „Überschuss“ ist für die Erfassung der Produktion laut EKZ zulässig (Gesetzliche Grundlagen für Stromproduzenten, 2017).

Es wurde darauf verzichtet, für alle drei Standorte ein Prinzipschema zu erstellen, da die Modulanzahl der Stränge, der Wechselrichter als auch die Leitungslängen separat ausgewiesen werden und das Prinzip dasselbe bleibt. Die gesamten Anlagenkomponenten werden zusätzlich im Devi ausführlich aufgelistet.

#### 4.5.7 Schnee und Windlasten

##### Schneelast:

Die Schneelast kann mithilfe der SIA 261 (2014) berechnet werden. Die wichtigsten Werte für die Berechnung werden hier aufgelistet und mit dem entsprechenden Wert für den Standort versehen:

- Produkt aus Dachformbeiwert ( $\mu_i = 0.8$ )
- Windexpositionsbeiwert (normale Windexposition,  $C_e = 1.0$ )
- thermischer Beiwert ( $C_T = 1.0$ )
- charakteristischem Wert auf horizontaler Ebene (Bezugshöhe 604 m +/-0,  $s_k = 1.59 \text{ kN/m}^2$ )

Multipliziert man diese Werte miteinander resultiert eine Schneelast von  $1.27 \text{ kN/m}^2$ . Das Modul weist laut Datenblatt eine Druckbelastung von  $6 \text{ kN/m}^2$  auf, was einem Faktor von über 4 entspricht und damit den Anforderungen genügt.

##### Windlast:

Die Ost/West Aufgeständerte Anlage bietet dem Wind eine geringe Angriffsfläche. Der Referenzwert des Staudrucks wird am Standort Wädenswil laut Anhang E der SIA 261 (2014) mit  $1.1 \text{ kN/m}^2$  ausgewiesen. Das Modul garantiert laut Datenblatt von LG Solar (2017) einem Sog von  $5.4 \text{ kN/m}^2$  stand zu halten. Jedoch benötigt das Montagesystem nur bis  $0.8 \text{ kN/m}^2$  keine Ballastierung, weshalb hier 88 Betonsteine zu je 2.7 kg eingeplant werden.

##### Hagelschaden:

LG verspricht, ihre Module viermal so intensiv zu testen, wie von der IEC-Norm vorgeschrieben. Die IEC-Norm 61215 betrachtet verschiedene Einflussgrößen wie mechanische Belastungen. Somit werden die Anforderungen bezüglich des Hagelwiderstandes eingehalten.

##### Dachstatik:

Das Modul weist laut Datenblatt von LG (2017) ein Gewicht von 17 kg auf, am Standort Waisenhaus beläuft sich somit das Gesamtgewicht von 40 Modulen auf 680 kg. Das

Montagesystem besteht aus Aluminium und ist dementsprechend leicht und die Ballastierung für den Standort Waisenhaus wiegt laut der Offerte von Ernst Schweizer AG Gesamthaft 237.6 kg und beträgt somit weniger als 2.7 kg/m<sup>2</sup>. Gesamthaft beläuft sich die Belastung somit auf 10.4 kg/m<sup>2</sup>. Diese zusätzliche Belastung des Flachdaches ist zu vernachlässigen, den die maximale Nutzlast ist um ein Vielfaches höher anzusetzen. Um einen Vergleich anzustellen, laut dem Schweizerischen Ingenieur und Architektenverein (2014) liegt der Richtwert der mittleren Raumlasten für 1 m gefallenen Neuschnee auf horizontalem Gelände bei 100 kg/m<sup>2</sup>, wird der Schnee nass, kann mit einem Faktor 4 gerechnet werden.

#### **4.5.8 Einmalvergütung**

Für die geplanten Anlagen wird auf eine Einmalvergütung abgezielt wie bereits im Kapitel 4.4 beschrieben wurde. Für die PV-Anlagen werden laut swissgrid (2017) seit dem 1. April 2017 bis auf weiteres 1'400 CHF Grundbeitrag ausbezahlt. Der Leistungsbeitrag welcher sich auf die installierte Leistung bezieht beläuft sich auf 450 CHF/kWp, dieser Beitrag wird jedoch ab dem 1. April 2018 um 50 CHF gekürzt.

Damit ergeben sich folgende Vergütungen:

Waisenhaus:  $1'400 \text{ CHF} + 11.6 \text{ kWp} * 450 \text{ CHF} = 6'350 \text{ CHF}$

Gerenu:  $1'400 \text{ CHF} + 27.84 \text{ kWp} * 450 \text{ CHF} = 13'550 \text{ CHF}$

Oedischwend:  $1'400 \text{ CHF} + 29.58 \text{ kWp} * 450 \text{ CHF} = 14'450 \text{ CHF}$

#### **4.5.9 Allgemeine Vorschriften**

Damit das Projekt realisiert werden kann, muss eine Baubewilligung eingereicht werden. Laut Andrea Rickenbacher von der Stadt Wädenswil ist eine normale Baueingabe erforderlich und falls diese der Einordnung entspricht, wird der Entscheid bei der Stadt gefällt. Die Bewilligungen für die Projekte Gerenu und Oedischwend, welche in der Erholungszone und der Landwirtschaftszone liegen, werden wahrscheinlich vom Kanton Zürich bewilligt, jedoch konnten dazu keine genauen Angaben ermittelt werden.

Weiter wurden bei der Planung die gängigen Normen und Verordnungen wie die NIN2015 eingehalten. Für die ausführenden Installationsfirmen gilt es die Werkvorschriften für den Anschluss an das Niederspannungsverteilnetz zu beachten. Ebenso werden die Installationsanzeige als auch der Sicherheitsnachweis durch die beauftragten Firmen ausgestellt und eingereicht. Auf eine Genehmigung des Starkstrominspektorats kann verzichtet werden, da dies erst bei Anlagen ab 30 kW erforderlich ist. Das Anschlussgesuch und die

Anmeldung bei Swissgrid kann bei einem positiven Entscheid durch die Bauherrschaft in Auftrag gegeben werden.

#### **4.5.10 Schutzmassnahmen**

Auf den Dächern der Reservoirs sind keine Blitzschutzeinrichtungen vorhanden und durch die Installation der Solaranlage wird das Gebäude nicht blitzschutzpflichtig. Jedoch ist der Potentialausgleich vom Solarmodul bis zur Anlagensteuerung mit Anschluss aller Komponenten notwendig. Die Überspannungseinrichtungen der Anlage als auch die Querschnitte können dem Prinzipschema entnommen werden. Um dem Brandschutz aber auch dem Schutz vor Vandalismus genügend Rechnung zu tragen, werden die DC-Leitungen in Alu-Rohren vom Solarfeld bis ins Reservoir geführt. Für den Notfall wird ein Anlageschalter zwischen Anlagesteuerung und Wechselrichter installiert. Ausserdem müssen die DC-Leitungen im Innern des Reservoirs, die Anlagesteuerung, die Einspeisung als auch der Wechselrichter sichtbar mit den Gefahrenhinweisen beschriftet werden. Für den Standort Oedischwend wurde ein Zaun auf der südost und südwestlichen Seite geplant. Dieser dient dazu, die Kühe von der Anlage fernzuhalten und Beschädigungen der Anlage zu vermeiden.

#### **4.5.11 Baustellenlogistik**

Alle drei Reservoir Dächer sind leicht zugänglich. Da die Gebäude in den Hang gebaut wurden ist immer eine Seite ebenerdig begehbar. Die Seite auf welcher das Dach abfällt ist in allen Fällen durch ein Geländer gesichert. Somit werden für die Montage der Anlagen keine aufwendigen Baugerüste und Absturzsicherungen notwendig, was Kosten und Arbeitszeit einspart. Für die Anlieferung und Zwischenlagerung der Anlagenkomponenten können die Vorplätze der Reservoirs oder bei Bedarf auch das Reservoirinnere genutzt werden. Für die späteren Wartungsarbeiten werden Revisionsgänge zwischen den Modulreihen eingeplant.

#### **4.5.12 Ertragsprognose**

Die bisherigen Ausführungen ergeben die Datengrundlage für die Simulation der Ertragsprognose mit PVSol. Hier werden die wichtigsten Ergebnisse der drei Standorte in der Tabelle 11 präsentiert. Die ausführlichen PVSol Berichte sind im separaten „Anhang Offerten & PVSol Berichte“ zu finden.

*Tabelle 11: Übersicht der Ergebnisse aus den Simulationen mit PVSol*

Übersicht Ergebnisse PVSol													
	Einheit	Waisenhaus			Gerenu				Oedischwend				
		PV	Batterie 10	Batterie 20	PV	Batterie 10	Batterie 20	Batterie 60	PV	Batterie 10	Batterie 20	Batterie 10	Batterie 20
Anlagengrösse	[kWp]	11.6			27.84				29.58				
Jahresverbrauch	[kWh]	9366			7284		47424		16486			49336	
Jahresproduktion	[kWh]	11406			27335		27335		28974			28974	
Eigenverbrauch	[kWh]	3 705	6 234	7 118	3 219	6 224	8 886	16 400	6 733	9 678	12 285	9 702	12 242
	[%]	32.5	58.2	67,1	11.8	24.7	36.3	69.1	23.2	34.9	45.3	35.1	45.4
Netzeinspeisung	[kWh]	7 701	4 773	3 751	24 115	20 571	17 407	8 441	22 241	18 789	15 840	18 817	15 829
Autarkiegrad	[%]	39.4	66.3	75.7	43.8	84.7	18.7	34.5	40.6	58.5	74.1	19.6	24.8
spez. Jahresertrag	[kWh/kWp]	983			982				980				

Die wichtigsten Grundlagen und Erkenntnisse der Simulationen in PVSol sind folgende:

Am Standort Waisenhaus zeigte die Simulation der PV- Anlage (11.6 kWp) eine Jahresproduktion von 11'406 kWh. Der Eigenverbrauch beträgt dabei 3'705 kWh und entspricht 32.5%. Die hier aufgeführten Ergebnisse wurden ohne den Pumpenverbrauch simuliert, da der nächtliche Verbrauch der Pumpen nicht über die Anlage gedeckt werden kann. Die Simulation mit projektierten Batterien von rund 10 und 20 kWh ergaben einen Eigenverbrauchssanteil von 58% respektive 67%. Die Ergebnisse zeigen, dass der Einsatz von einer 10 kWh Speicherlösung den Eigenverbrauch fast verdoppelt und damit durchaus Potential aufweist und weiter verfolgt wird. Der Einsatz der 20 kWh Speicherlösung erreicht hierzu nur eine geringfügig höhere Steigerung des Eigenverbrauchs. Die Simulationen mit Batterien wurden ebenfalls mit dem Pumpenverbrauch simuliert um zu eruieren, ob die Energie in die Nacht übertagen wird und die Pumpen damit betrieben werden können. Jedoch zeigten jene Simulationen die gleichen Ergebnisse wie hier aufgeführt und in der Tabelle 6 ist zu sehen, dass der tägliche Verbrauch ohne Pumpen bei über 20 kWh liegt.

Am Standort Gerenu zeigte die Simulation eine Jahresproduktion von 27'335 kWh und einen Eigenverbrauchsanteil von 11.8%. Die Simulationen mit Speicherlösungen zeigten hier einen Anstieg auf 24.7% respektive 36.3% für die grössere Batterie. Eine grosse Speicherlösung von 60 kWh wie abgebildet erreicht nahezu 70% Eigenverbrauch, scheint jedoch nicht sinnvoll aufgrund hoher Investitionskosten und der Tatsache, dass die Batterie während den Wintermonaten nur zur Hälfte aufgeladen werden kann.

Für den Standort Oedischwend ergab die PV-Anlage (29.58 kWp) einen Jahresertrag von 28'974 kWh. Der Eigenverbrauch liegt bei 23.2% und entspricht 6'733 kWh. Der höhere Eigenverbrauch zum Standort Gerenu liegt am höheren Stromverbrauch, welcher sich über

den Tag verteilt. Die Simulationen mit Speicherlösungen bis 20 kWh ergaben einen Eigenverbrauchsanteil von bis zu 45.4% und waren identisch ob mit oder ohne Pumpenverbrauch simuliert wurde. Die Simulation mit einem 30 kWh Speicher zeigte nur minimale Eigenverbrauchssteigerungen. Der Einsatz grösserer Speichersysteme könnte bei einem Ausbau der Anlage auf 66.7 kWp in Betracht gezogen werden falls das neue Energiegesetz vorsieht PV-Anlagen bis 100 kWp mit der EIV zu fördern.

## 4.6 Wirtschaftlichkeit

### 4.6.1 Offerten & Investitionskosten

In der Tabelle 12 ist ein Auszug des Ausmasses für den Standort Waisenhaus ersichtlich, es werden die zu offerierenden Installationsmaterialien als auch auszuführenden Arbeiten gelistet. Die Devis für die beiden weiteren Standorte sind dem Anhang 16 beigelegt.

Tabelle 12: Zeigt das Ausmass für den Standort Waisenhaus

MATERIAL		ARBEIT
Was	Menge	Reserveplatz in HV vorhanden
LS/C/3LN 16A	1	Montage und Verkabelung LS
Kabel 5x2,5mm2	25m	Montage und Verkabelung Netztrennschalter
Netztrennschalter	1	Montage und Verkabelung Überspannungsschutz
Überspannungsschutz Typ3 AC	2	Montage und Verkabelung Wechselrichter
Pot. Anschluss 16mm2	20m	Montage und Verkabelung GAK
<b>Wechselrichter (Sunny Tripower 9000 TL)</b>	<b>1 x 9000</b>	Gebäudeeintritt
4mm2 zwischen WR und GAK (4x4m)	16m	Aufstellung Ost/West Aufständering
Überspannungsschutz Typ3 DC	2	Befestigungsarbeiten
GAK mit Überspannungsschutz Typ2 (2x) und Anlagenschalter via Schütz	1	Montage und Verkabelung Module
4mm2 (Strangkabel 4x15m)	60 m	Verdrahtung Potentialausgleich
Pot. Anschluss 6mm2	15m	Verdrahtung und Inbetriebnahme Steuerung
<b>Module (LG Mono X2 290Wp von LG Electronics GmbH)</b>	<b>40</b>	Inbetriebnahme inkl. ESTI und weitere Protokolle
4mm2 (String 1 20 Module)	80m	
4mm2 (String 2 20 Module)	70m	
<b>Aufständering für Ost West Module (schweizer metallbau)</b>	<b>20</b>	
Befestigung über Gewichte (Ballastierungslösung oder Befestigung an der Fassade)	40	
<b>OPTIONAL:</b>		
<b>Batterie für 10kWh</b>	1	
Solaredge für ganzes System	1	

Die detaillierten Übersichten mit den aufgelisteten Preisen laut Offerten sind im Anhang 17 abgelegt. Ausserdem findet sich eine Erklärung zur Übersicht im Anhang. Anhand dieser Auflistung der Preise und Offerten konnten die Investitionskosten für verschiedene Varianten zusammengestellt werden. Diese Varianten werden für den Standort Waisenhaus in der Tabelle 13 gelistet, für die beiden weiteren Standorte befinden sich diese Auflistungen ebenfalls im Anhang 17. Für alle ausführlichen Offerten wurde der separate „Anhang Offerten & PVSol Berichte“ erstellt.

In der Tabelle 13 werden die Resultate der eingeholten Offerten für den Standort Waisenhaus aufgezeigt. Aus dieser Übersicht wird ersichtlich, dass die komplette Anlage von der Firma EW Höfe für 28'924 Franken brutto offeriert wurde, dies ohne die bauseitigen Arbeiten. Dies entspricht nach Abzug der Einmalvergütung spezifischen Investitionskosten von 1'946 Franken. Die beiden weiteren Firmen offerierten nur leicht teurer mit 29'427 Franken von iontec und Star Unity (LG) mit 32'719 Franken beziehungsweise 30'797 Franken für die günstigere Modulvariante. Die eingereichten Kosten der Offerten mussten teils separiert werden um



vergleichbare Werte für die verschiedenen Varianten zu erhalten. So werden die Investitionskosten der PV-Anlagen, der PV-Anlagen mit allen bauseitigen Arbeiten und der Anlagen mit einem Speichersystem aufgezeigt. Ausserdem wurden die Kosten für die eigene geplante Anlage aufgelistet. Hier beträgt die Investition der PV Anlage 26'253 Franken mit spezifischen Investitionskosten von 1'716 Franken pro kWp und liegt somit leicht unter den Kosten welche eingeholt wurden. Weiter wurde versucht, die Anlage auf die minimalsten Kosten zu optimieren. Hier wurden die günstigsten Komponenten eingesetzt und die Kosten für Montage und Arbeiten weiter um den Faktor ein Drittel gekürzt. Dies mit den Absichten, dass der Hauseigene Elektroinstallateur der Stadtwerke bei der Realisierung der Anlage mithilft. Die Bau- und AC-seitigen Arbeiten können vollumfänglich intern erledigt werden. Dabei Resultiert eine Bruttoinvestition von 20'710 Franken oder 1'238 Franken pro kWp. Für den Standort Oedischwend wurden zusätzlich die Investitionskosten für die Varianten eines Peak Shavings, einer Steuerung und der Möglichkeit einer 66 kWp Anlage ausgerechnet.

Tabelle 13: Investitionskosten der verschiedenen Varianten am Standort Waisenhaus

Offertenübersicht der Anlagenkosten am Standort Waisenhaus																						
Offerierende Solarinstallateure		Star Unity					EW Höfe				iontec				Zusammengestellte Offerten							
Eigenschaften & Komponenten der spezifischen Offerten		1) Modul LG	2) Modul Ja	3) Modul Sun Tech	4) Modul LG	5) Moul LG + tesvolt 9,6	6) Modul Hanwha Q	7) Modul Hanwha Q	8) Modul Hanwha Q + Speicher 15,84	9) Modul Hanwha Q + Speicher 15,84	10) Modul Aleo	11) Modul Aleo (exkl. Arbeiten	12) Modul Aleo (Solaredge)	13) Modul Aleo + Speicher 9,6 (Solaredge)	14) Modul MeyerBurger	15) Modul LG	16) Modul MeyerBurger	17) Modul LG	18) Modul LG + tesvolt 9,6	19) Modul SunTech		
Nettosumme	[CHF]	30295	28493	28515	32095	41215	26782	28582	42455	40655	27248	29748	32648	42648	31363	24308	33163	26108	35228	19176		
Bruttosumme	[CHF]	32719	30773	30797	34663	44512	28924	30868	45851	43907	29427	32127	35259	46059	33872	26253	35816	28197	38046	20710		
Investitionskosten																						
Abzüglich	[CHF]	26369	24423	24447	28313	38162	22574	24518	39501	37557	23077	25777	28909	39709	27522	19903	29466	21847	31696	14360		
Einmalvergütung																						
spez. Investitionskosten	[CHF/kWp]	2273	2105	2107	2441	3290	1946	2114	3405	3238	1989	2222	2492	3423	2373	1716	2540	1883	2732	1238		
nach Originaler Offerte		PV Anlage						komplette PV Anlage (inkl. bauseitige Arbeiten)					komplette PV Anlage (inkl. bauseitige Arbeiten) & Speicher				günstigste Variante					

#### **4.6.2 Rahmenbedingungen**

Die dynamische und statische Kapitalwertmethode wurde für alle Standorte angewandt. Ausserdem werden einige Szenarios und die Ergebnisse dazu erläutert. Im Anhang 18 bis 20 sind die detaillierten Berechnungen über 25 Jahre Nutzungsdauer für alle drei Standorte beigelegt.

Die Investitionskosten der verschiedenen Varianten sind im vorherigen Kapitel ersichtlich. Die jährlichen Betriebskosten wurden auf 2.5 Rp./kWh/a festgelegt, dies entspricht jährlichen Gesamtkosten von 285 Franken am Standort Waisenhaus. Diese Betriebskosten sind ohne den Wechselrichter gerechnet, da dieser separat in der Kostenrechnung gelistet wird (Toggweiler, 2015). In den Betriebskosten sind Überwachung, Kontrolle und der Zähler inbegriffen. Für die weiteren Standorte werden die gleichen Kosten pro kWh angenommen. Die Werte der Teuerung und des Kalkulationszinssatzes basieren auf den Vorgaben des BAV (2017).

Um den Sensitivitäten genügend Rechnung zu tragen, werden unter anderem verschiedene Vergütungen für verkauften Strom und unterschiedliche Kosten für bezogenen Strom (Mixstrom, naturmade basic, naturmade star [Städtische Gebäude 50%]) geprüft. Der Verkauf der eigenen Herkunftsnachweise kann laut Ökostrombörse-Schweiz (2017) zwischen 1.30 – 3.40 Rp./kWh einbringen. Die Tarife der EKZ sind in einer Tabelle zusammengefasst und im Anhang 21 beigelegt.

#### **4.6.3 Wirtschaftlichkeit Waisenhaus**

In der Tabelle 14 werden die wichtigsten Rahmenbedingungen für die Berechnung und die dazugehörigen Ergebnisse gelistet. Dabei ist ersichtlich, dass die Anlage einen negativen Barwert von -9'634 Franken und eine dynamische Paybackzeit von 41 Jahren aufweist, dies entspricht dem Szenario Nummer 1 in der Tabelle 15. Aufgrund dieser Zahlen kann die Anlage innerhalb der Nutzungsdauer nicht rentabel betrieben werden. Jedoch wurden einige Sensitivitäten aufgrund variabler Parameter angestellt welche anschliessend vorgestellt werden.

Tabelle 14: Rahmenbedingungen und Resultate

Wirtschaftlichkeit Waisenhaus		
Rahmenbedingungen	Menge	Einheit
Investitionskosten	22574	CHF
Kosten pro kWp	1946	CHF
Nutzungsdauer	25	Jahre
Stromkosten	15,7	Rp./kWh
Rüchspeisetarif	6,5	Rp./kWh
HKN	1,3	Rp./kWh
interner Zinssatz	3	%
Teuerung für verkauften Strom	1	%
Teuerung für bezogenen Strom	1	%
Anlagengrösse	11,6	kWp
Eigenverbrauch	32,5	%
Energieertrag	11'406	kWh
Resultate		
NPV Barwert	-9634	CHF
Payback dynamisch	41,34	Jahre
Payback statisch	28,92	Jahre
Stromgestehungskosten	12,59	Rp./kWh

Es wird der Einfluss der Parameter auf die dynamischen und statischen Gewinne untersucht. Die ausführlichen Sensitivitäten finden sich im Anhang 18 der Tabelle 37. Dabei ist ersichtlich, dass die Anlage einzig bei sehr hohen Grenzwerten einen positiven Barwert aufweist. Dies sind der Eigenverbrauch von 93 %, eine Vergütung von 15 Rp./kWh für verkauften Strom oder wenn die Kosten pro kWp installierter Leistung unter 1100 Franken fallen. Aufgrund dessen, dass diese Szenarien zum heutigen Zeitpunkt grösstenteils unrealistisch erscheinen, wird darauf abgezielt, ein mögliches Szenario zu kreieren, in dem verschiedene Werte verändert werden und welches in der Realität bestand hat. Hierfür veranschaulicht die Tabelle 15 solch mögliche Szenarien und die daraus resultierenden Ergebnisse werden in der Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 15: Szenarios Waisenhaus

Szenarios									
Szenario Nr.	Name	Eigenverbrauch	Vergütung für verkauften Strom [Rp./kWh]	Teuerung für verkauften Strom	Kosten für bezogenen Strom [Rp./kWh]	Kalkulationszinssatz	Kosten pro kWp [CHF]	Arbeiten Bauseits [CHF]	Betriebskosten [CHF]
1 6)	Modul Hanwha Q	32,5%	0,078	1%	0,1570	3,00%	1946	1800	285
2	Einspeisen	0,0%	0,078	1%	0,1570	3,00%	1946	1800	285
3	Eigenverbrauch	100,0%	0,078	1%	0,1570	3,00%	1946	1800	285
4 5)	Modul LG + tesvolt 9,6	58,2%	0,078	1%	0,1570	3,00%	3290	0	285
5 6)	Modul Hanwha Q star	32,5%	0,099	1%	0,1820	3,00%	1946	1800	285
6 15)	Modul LG star	32,5%	0,099	1%	0,1820	3,00%	1716	1800	285
7	mögliches Szenario	32,5%	0,085	2%	0,1820	3,00%	1238	500	285
Szenariowahl		7	mögliches Szenario						

Das Szenario mit der Nummer 1 [6) Modul Hanwha Q] zeigt die Variante mit dem Preis der günstigsten Offerte von EW Höfe, mit den Eingabewerten aus der Tabelle 14. Diese dient als Referenzvariante für die Sensitivitäten und weiteren Szenarios. Für die beiden Szenarien 2 + 3

wurde einzig der Eigenverbrauch angepasst um aufzuzeigen, wie sich die Rentabilität verändert. Die Szenarionummer 4 [5) Modul LG + tesvolt 9,6] zeigt die Variante mit dem Preis der günstigsten Offerte inklusive einem Batteriespeicher eingereicht von Star Unity. Hier wurde der Eigenverbrauch auf 58.2% gesetzt laut den Ausführungen in Tabelle 11. Die restlichen Werte wurden beibehalten. Die Szenarionummer 5 [6) Modul Hanwha Q star] zeigt die Referenzvariante mit veränderten Strompreisen. Die Vergütung für verkauften Strom wurde auf 9.9 Rp./kWh gesetzt, dies entspricht 6.5 Rp./kWh vom EKZ und 3.4 Rp./kWh aus dem ökologischen Mehrwert. Die Kosten für bezogenen Strom wurden dem naturmade star Tarif angepasst. Das Szenario 6 [15) Modul LG star] zeigt dieselben Tarifanpassungen wie im Szenario Nummer 5. Jedoch wurden hier noch die Kosten pro kWp auf 1'716 Franken angepasst. Diese Kosten entsprechen der geplanten Anlage und zusammengestellten Preisen des Autors.

Ein mögliches Szenario ist die Nummer 7. Hierbei wird ein Mittelmass für verkauften Strom erzielt, 6.5 Rp./kWh des EW plus 2.0 Rp./kWh für die HKN und der Stromtarif werden auf naturmade star gewechselt. Die Teuerung ist auf 2 % gesetzt, was über die nächsten 25 Jahre gesehen ein mögliches Szenario darstellt. Die Kosten pro kWp belaufen sich auf 1'238 Franken, die günstigste Berechnung zu sehen in der Tabelle 13. Die Kosten für die bauseitigen Arbeiten belaufen sich auf nur 500 Franken für das Material, die Betriebskosten bleiben gleich. Bei diesem Szenario resultieren ein Barwert von 3436 Franken und eine Amortisation innerhalb von 21 Jahren. Der statische Payback liegt bei 14 Jahren. Die Gestehungskosten liegen bei rund 9 Rp./kWh und es liegt eine Rendite von 2.46 % vor.

*Tabelle 16: Resultate der Szenarios Waisenhaus*

Resultate								
Szenario Nr.	Name	Eigen- verbrauch [%]	Gewinn statisch [CHF]	Barwert [CHF]	Payback stat [Jahre]	Payback dyn [Jahre]	Gestehungsk osten [Rp./kWh]	Rendite [%]
	mögliches Szenario	32,5%	11 588	3 436	14,0	20,3	9,01	2,46%
1	6) Modul Hanwha Q	32,5%	-3300	-9634	28,9	41,3	12,59	1,21%
2	Einspeisen	0,0%	-10760	-14819	44,8	63,8	12,59	0,78%
3	Eigenverbrauch	100,0%	12193	1135	16,7	23,9	12,59	2,09%
4	5) Modul LG + tesvolt 9,6	58,2%	-11192	-19324	35,4	50,6	17,78	0,99%
5	6) Modul Hanwha Q star	32,5%	3179	-5130	22,1	31,7	12,59	1,58%
6	15) Modul LG star	32,5%	5847	-2462	19,7	28,2	11,59	1,77%
7	mögliches Szenario	32,5%	11588	3436	14,0	20,3	9,01	2,46%

#### 4.6.4 Wirtschaftlichkeit Gerenau

Die Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Anlage am Standort Gerenau wurde nach dem gleichen Prinzip wie am Standort Waisenhaus durchgeführt. Die Kapitalwertmethode ergab einen negativen Barwert von 27'300 Franken und eine dynamische Amortisationszeit von rund 50 Jahren, die wichtigsten Kennzahlen werden in der Tabelle 17 aufgezeigt. Jedoch zeigt dieser Standort einen wesentlichen Unterschied zu den anderen Standorten auf, denn es fallen jährlich 7'500 Franken an Gärtnerarbeiten an. Wird die PV-Anlage realisiert, kann rund die Hälfte der Kosten eingespart werden da die Fläche nicht mehr gemäht werden muss. Dieser Wert beruht auf einer Abschätzung der geleisteten Arbeiten für das Rasenmähen und für das Stutzen der Sträucher und Büsche. Neben umfassenden Sensitivitätsanalysen zu sehen im Anhang 19 wurde dieses Szenario ebenfalls aufgestellt und berechnet. In der Tabelle 18 werden diese Szenarien vorgestellt und die Auswertung dazu findet sich in Tabelle 19.

Tabelle 17: Rahmenbedingungen und Resultate

Wirtschaftlichkeit Gerenau		
Rahmenbedingungen	Menge	Einheit
Investitionskosten	51158	CHF
Kosten pro kWp	1838	CHF
Nutzungsdauer	25	Jahre
Stromkosten	14,76	Rp./kWh
Rüchspeisetarif	6,5	Rp./kWh
HKN	1,3	Rp./kWh
interner Zinssatz	3	%
Teuerung für verkauften Strom	1	%
Teuerung für bezogenen Strom	1	%
Anlagengrösse	27,84	kWp
Eigenverbrauch	11,8	%
Energieertrag	27339	kWh
Resultate		
NPV Barwert	-27300	CHF
Payback dynamisch	50,9	Jahre
Payback statisch	35,7	Jahre
Stromgestehungskosten	11,97	Rp./kWh

Das Szenario mit der Nummer 1 [7) Modul Aleo + Gärtner] zeigt die Variante mit dem Preis der günstigsten Offerte von iontec, mit den Eingabewerten aus der Tabelle 17. Diese dient als Referenzvariante für die Sensitivitäten und weiteren Szenarios. Auf die Darstellung der Szenarien mit 100% Eigenverbrauch und 100% Einspeisen wurde verzichtet, da diese auch in der Tabelle 41 aufgezeigt werden. Die Szenarionummer 2 [10) Modul Aleo + tesvolt 19,2] zeigt die Variante mit dem Preis der günstigsten Offerte inklusive einem Batteriespeicher eingereicht von iontec. Hier wurde der Eigenverbrauch auf 36.3% gesetzt laut den Ausführungen in Tabelle 11. Die restlichen Werte wurden beibehalten.

Das Szenario mit der Nummer 3 zeigt auf, wie sich der Barwert im Falle der negativen Betriebskosten verändert. Alle anderen Eingabewerte wurden beibehalten. Die Veränderung der Betriebskosten wirkt sich signifikant auf die Wirtschaftlichkeit der Anlage aus. Der Barwert steigt auf 38'000 Franken über 25 Jahre Nutzungsdauer an und die dynamische Amortisation wird im 15 Jahr erreicht. Die statische Amortisation sinkt auf 10 Jahre und die Anlage weist eine Rendite von 3.42 % auf. Für das Szenario 4 wurden einzig der Eigenverbrauchsanteil und die kWp Kosten angepasst, hier wird ersichtlich, dass die Rendite mithilfe eines Speichers nicht verbessert werden kann. Im Szenario 5 wurde der Vergütungssatz bei 7.8 Rp./kWh beibehalten. Die Teuerung für verkauften Strom wurde auf 2 % gesetzt. Die Kosten für bezogenen Strom wurden dem naturmade star Tarif angepasst. Die Kosten pro kWp entsprechen der Offertvariante [17) Modul SunTech] und liegen bei 1'264 Franken. Die bauseitigen Arbeiten wurden mit 500 Franken veranschlagt und die Betriebskosten wie im Szenario 3 beibehalten. Dieses Szenario zeigt die beste Rendite aller Szenarien von 5.4 % auf. Der Barwert steigt auf 60'000 Franken an und die Amortisation wird im 10 Jahr erreicht. Die statische Amortisation sinkt unter 7 Jahre.

Tabelle 18: Szenarios Gerenau

Szenarios									
Szenario Nr.	Name	Eigen- verbrauch	Vergütung für verkauften Strom [Rp./kWh]	Teuerung für verkauften Strom	Kosten für bezogenen Strom [Rp./kWh]	Kalkulationsz inssatz	Kosten pro kWp [CHF]	Arbeiten Bauseits [CHF]	Betriebs kosten [CHF]
1 7)	Modul Aleo + Gärtner	11,8%	0,078	1%	0,1476	3,00%	1838	2500	683
2 10)	Modul Aleo + tesvolt 19,2	36,3%	0,078	1%	0,1476	3,00%	2519	0	683
3	mögliches Szenario 3	11,8%	0,078	1%	0,1476	3,00%	1838	2500	-3067
4	mögliches Szenario 4	36,3%	0,078	1%	0,1476	3,00%	2519	0	-3067
5	mögliches Szenario 5	11,8%	0,078	2%	0,1826	3,00%	1264	500	-3067
Szenariowahl		5	mögliches Szenario 5						

Tabelle 19: Resultate der Szenarios Gerenau

Resultate								
Szenario Nr.	Name	Eigen- verbrauch [%]	Gewinn statisch [CHF]	Barwert [CHF]	Payback stat [Jahre]	Payback dyn [Jahre]	Gestehungsk osten [Rp./kWh]	Rendite [%]
mögliches Szenario 5		11,8%	103 206	60 734	6,4	9,3	-5,58	5,40%
1 7)	Modul Aleo + Gärtner	11,8%	-16114	-27300	35,7	50,9	11,97	0,98%
2 10)	Modul Aleo + tesvolt 19,2	36,3%	-20703	-35512	35,5	50,6	14,55	0,99%
3	mögliches Szenario 3	11,8%	77624	37988	10,2	14,6	-2,76	3,42%
4	mögliches Szenario 4	36,3%	73047	29788	12,2	17,5	-0,17	2,85%
5	mögliches Szenario 5	11,8%	103206	60734	6,4	9,3	-5,58	5,40%

#### 4.6.5 Wirtschaftlichkeit Oedischwend

Für diese PV-Anlage ergeben sich ähnliche Werte wie am Standort Waisenhaus. Die Berechnungen ergeben eine dynamische Amortisationszeit von 40 Jahren und einen negativen Barwert von 21'575 Franken. Die wichtigsten Werte sind in der Tabelle 20 ersichtlich.

*Tabelle 20: Rahmenbedingungen und Resultate*

Wirtschaftlichkeit Gerenaue		
Rahmenbedingungen	Menge	Einheit
Investitionskosten	53527	CHF
Kosten pro kWp	1810	CHF
Nutzungsdauer	25	Jahre
Stromkosten	15,49	Rp./kWh
Rückspeisetarif	6,5	Rp./kWh
HKN	1,3	Rp./kWh
interner Zinssatz	3	%
Teuerung für verkauften Strom	1	%
Teuerung für bezogenen Strom	1	%
Anlagengrösse	29,58	kWp
Eigenverbrauch	23,2	%
Energieertrag	28988	kWh
Resultate		
NPV Barwert	-21575	CHF
Payback dynamisch	40,7	Jahre
Payback statisch	28,4	Jahre
Stromgestehungskosten	11,48	Rp./kWh

Auch für diesen Standort wurden Sensitivitäten berechnet und im Anhang 20 in der Tabelle 45 dargestellt. Die Sensitivitäten verdeutlichen die Schwierigkeit, die Anlage bei heutigen Rahmenbedingungen rentabel zu betreiben. Die Szenarien geben Aufschluss darüber, wie sich die Anlage rentabel betreiben lässt. Eine Übersicht der Szenarien zeigt die Tabelle 21 und sämtliche Resultate der aufgestellten Szenarien werden in der Tabelle 22 aufgelistet.

Das Szenario mit der Nummer 1 [6) Modul Aleo (exkl. Arbeiten bauseits)] zeigt die Variante mit dem Preis der günstigsten Offerte von iontec, mit den Eingabewerten aus der Tabelle 20. Diese dient als Referenzvariante für die Sensitivitäten und weiteren Szenarios. Auf die Darstellung der Szenarien mit 100% Eigenverbrauch und 100% Einspeisen wurde verzichtet, da diese auch in der Tabelle 45 aufgezeigt werden. Die Szenari Nummer 2 [9) Modul Aleo + Speicher 9,6] und 3 [10) Modul Aleo + tesvolt 19,2] zeigt die Varianten mit dem Preis der günstigsten Offerte inklusive einem Batteriespeicher eingereicht von iontec. Hier wurde der Eigenverbrauch auf 35.1% und 45.4% laut den Ausführungen in Tabelle 11 gesetzt. Die restlichen Werte wurden beibehalten. Im Szenario 4 wurde der Vergütungssatz für verkauften Strom auf 9.9 Rp./kWh angepasst. Die Teuerung für verkauften Strom wurde auf 2 % gesetzt und die Kosten für bezogenen Strom wurden dem naturmade star Tarif auf 18.64 Rp./kWh angepasst. Dieses Szenario weist bereits einen statischen Gewinn von 16'205 Franken aus und eine



Amortisationszeit von unter 20 Jahren. Jedoch kann die Anlage aus dynamischer Sicht nicht rentabel betrieben werden. Für das Szenario 5 wurde der Vergütungssatz für verkauften Strom auf 7.8 Rp./kWh beibehalten. Die Teuerung für verkauften Strom wurde auf 2 % gesetzt. Die Kosten für bezogenen Strom wurden dem naturmade star Tarif auf 18.64 Rp./kWh angepasst. Die Kosten pro kWp entsprechen der Offertvariante [17) Modul SunTech] und liegen bei 1'322 Franken. Die bauseitigen Arbeiten wurden mit 500 Franken veranschlagt und die Betriebskosten beibehalten. Dieses Szenario zeigt einen leicht positiven Barwert von rund 1'160 Franken auf. Die dynamische Paybackzeit beläuft sich auf knapp unter 25 Jahre.

Tabelle 21: Szenarios Oedischwend

Szenarios									
Szenario Nr.	Name	Eigenverbrauch	Vergütung für verkauften Strom [Rp./kWh]	Teuerung für verkauften Strom	Kosten für bezogenen Strom [Rp./kWh]	Kalkulationsz inssatz	Kosten pro kWp [CHF]	Arbeiten Bauseits [CHF]	Betriebskosten [CHF]
1 6)	Modul Aleo (exkl. Arbeiten bauseits)	23,2%	0,078	1%	0,1549	3,00%	1810	2500	725
2 9)	Modul Aleo + Speicher 9,6	35,1%	0,078	1%	0,1549	3,00%	2155	0	725
3 10)	Modul Aleo + tesvolt 19,2	45,4%	0,078	1%	0,1549	3,00%	2321	0	725
4	mögliches Szenario 4	23,2%	0,099	2%	0,1864	3,00%	1810	2500	725
5	mögliches Szenario 5	23,2%	0,078	2%	0,1864	3,00%	1322	500	725
Szenariowahl		1	6) Modul Aleo (exkl. Arbeiten bauseits)						

Tabelle 22: Resultate der Szenarios Oedischwend

Resultate								
Szenario Nr.	Name	Eigenverbrauch [%]	Gewinn statisch [CHF]	Barwert [CHF]	Payback stat [Jahre]	Payback dyn [Jahre]	Gestehungskosten [Rp./kWh]	Rendite [%]
6)	Modul Aleo (exkl. Arbeiten bauseits)	23,2%	-6 669	-21 575	28,4	40,7	11,48	1,23%
1 6)	Modul Aleo (exkl. Arbeiten bauseits)	23,2%	-6669	-21575	28,4	40,7	11,48	1,23%
2 9)	Modul Aleo + Speicher 9,6	35,1%	-7620	-24590	28,4	40,7	12,62	1,23%
3 10)	Modul Aleo + tesvolt 19,2	45,4%	-6673	-25430	27,7	39,7	13,35	1,26%
4	mögliches Szenario 4	23,2%	16205	-6285	19,4	28,2	11,48	1,78%
5	mögliches Szenario 5	23,2%	19524	1160	16,7	24,3	9,05	2,06%

#### 4.6.6 Fazit

Die aktuell sehr tiefen Strompreise und die spezifischen Lastprofile der Reservoirs und daraus resultierend schlechten Eigenverbrauchsquoten tragen wesentlich zur schlechten Rentabilität der Anlagen bei. Die Anlage am Standort Gerenau kann durch die grossen Einsparnisse bei den Betriebskosten rentabel betrieben werden. Die beiden anderen Standorte werden einzig durch die Anpassung der Parameter rentabel. Für die Rentabilität sind die günstigsten offerierten Komponenten und ein Mass an Eigenleistung unabdingbar. Szenarien mit leicht höheren Strompreisen und einer Teuerung zeigen einen positiven Ausblick in eine mögliche Zukunft. Der Einsatz von Speicherlösungen lässt den Eigenverbrauch ansteigen, jedoch steigen die spezifischen Kosten pro kWp ebenfalls an und somit bewirkt eine Speicherlösung keine positiven Effekte auf die Rendite dieser Anlagen.

Zum Schluss wurde die Wirtschaftlichkeit berechnet, wenn alle drei Projekte ganzheitlich zusammen betrachtet werden. Die gesamte Berechnung findet sich im Anhang 23, die wichtigsten Rahmenbedingungen und Resultate in der Tabelle 23. Dieses Szenario zeigt einen positiven Barwert von rund 47'000 Franken auf. Die dynamische Paybackzeit beläuft sich auf unter 17 Jahre. Für das Szenario wurde der Vergütungssatz für verkauften Strom auf 7.8 Rp./kWh beibehalten. Der Eigenverbrauch auf 20% und die Teuerung für verkauften Strom auf 1% gesetzt. Die Kosten für bezogenen Strom entsprechen dem gewichteten Schnitt aller drei Pumpwerke. Die Kosten pro kWp entsprechen dem Schnitt der SunTech Offerten und liegen bei 1'275 Franken pro kWp.

*Tabelle 23: Rahmenbedingungen und Resultate*

Wirtschaftlichkeit aller 3 Standorte		
Rahmenbedingungen	Menge	Einheit
Investitionskosten	87977	CHF
Kosten pro kWp	1275	CHF
Nutzungsdauer	25	Jahre
Stromkosten	15,3	Rp./kWh
Rüchspeisetarif	6,5	Rp./kWh
HKN	1,3	Rp./kWh
interner Zinssatz	3	%
Teuerung für verkauften Strom	1	%
Teuerung für bezogenen Strom	1	%
Anlagengrösse	69,02	kWp
Eigenverbrauch	20	%
Energieertrag	67709	kWh
Resultate		
NPV Barwert	47406	CHF
Payback dynamisch	16,48	Jahre
Payback statisch	11,52	Jahre
Stromgestehungskosten	3,37	Rp./kWh

## 4.7 Nutzwertanalyse

Um eine Empfehlung der projektierten Anlagen auszusprechen wird eine Nutzwertanalyse durchgeführt welche in der Tabelle 24 ersichtlich ist. Es wurden diejenigen Szenarien pro Standort aufgeführt, welche Amortisationszeiten innerhalb der 25 Jährigen Nutzungsdauer aufweisen. Die bewerteten Szenarien sind Waisenhaus mit der Nummer 7, Gerenau mit der Nummer 5 und Oedischwend mit der Nummer 5. Ausserdem wird das Szenario mit allen drei Anlagen aufgezeigt. Die Punktevergabe für die Werte sind im Anhang 24 aufgeführt.

Tabelle 24: Nutzwertanalyse

Nutzwertanalyse																
Kategorie	Gewichtung	Kriterium	Gewichtung	Waisenhaus SzNr.7			Gerenau SzNr.5			Oedischwend SzNr.5			Alle drei Anlagen			
				Punkte	WERT	Pkt. Gew	Punkte	WERT	Pkt. Gew	Punkte	WERT	Pkt. Gew	Punkte	WERT	Pkt. Gew	
Ökonomie	0,5	Investitionskosten (CHF)	0,2	9	14360	1,8	7	35182	1,4	7	39093	1,4	2	87977	0,4	
		Barwert dynamisch (CHF)	0,1	6	3436	0,6	10	60734	1,0	6	1160	0,6	10	47406	1,0	
		Amortisation (dyn. Jahre)	0,3	2,8	20,3	0,8	6,8	9,3	2,0	1,4	24,3	0,4	4,2	16,5	1,3	
		spez. Investitionskosten (CHF/kWp)	0,1	9	1238	0,9	9	1264	0,9	8,5	1322	0,9	6	1275	0,6	
		Betriebskosten (CHF/Jahr)	0,2	9	285	1,8	10	-3067	2,0	4	725	0,8	10	-2057	2,0	
		Gestehungskosten (Rp./kWh)	0,1	5,5	9,01	0,6	10	-5,58	1,0	5,5	9,05	0,6	8,5	3,37	0,9	
			1			6,5			8,3			4,6			6,1	
						3,25			4,16			2,30			3,06	
Ökologie	0,3	vermiedene CO2-Emissionen (kg/Jahr)	1	1	6824	1,0	3	16361	3,0	3	17324	3,0	8	40509	8,0	
				1		1,0			3,0			3,0			8,0	
						0,30			0,90			0,90			2,40	
System	0,2	Solarer Deckungsanteil	0,3	3	39,4	0,9	4	43,8	1,2	3	37,1	0,9	4	41,3	1,2	
			Eigenverbrauchsquote	0,7	3	32,5	2,1	1	11,8	0,7	4	40,8	2,8	2	20	1,4
				1		3			1,9			3,7			2,6	
		1				0,60			0,38			0,74			0,52	
Wert						4,1			5,4			3,9			6,0	
Rang nach Ökonomie (0,7/0,2/0,1)						3			1			4			2	
Rang nach Ökologie (0,2/0,7/0,1)						4			2			3			1	
Rang nach Ökonomie und Ökologie (0,5/0,3/0,2)						3			2			4			1	

Für die Nutzwertanalyse wurden folgende sechs ökonomische Kriterien bewertet und gewichtet. Als erstes Kriterium wurden die Investitionskosten mit 20% bewertet wie auch die Betriebskosten mit 20%. Danach der dynamische Barwert, die spezifischen Investitionskosten und die Gestehungskosten welche alle zu gleichen Teilen von 10% gewichtet wurden. Als letztes Kriterium und mit 30% am stärksten Gewichtet wurde die Amortisationszeit. Es wurde als wichtigstes Kriterium erachtet, in welcher Zeit die Anlage amortisiert werden kann weshalb diese Gewichtung vergeben wurde. Das Kriterium der Ökologie floss einzig durch die vermiedenen CO<sub>2</sub>-Emissionen in die Nutzwertanalyse und wurde deshalb zu 100% gewertet. Beim System wurden zum einen die Eigenverbrauchsquote mit 70% einbezogen und der solare Deckungsanteil der Anlage mit 30%. Die Eigenverbrauchsquote wurde aufgrund ihrer Wichtigkeit betreffend der Rentabilität auf die genannten 70% gesetzt. Wie in der Tabelle 24 zu

sehen, wurde die Kategorie der Ökonomie mit 50% gewichtet, die der Ökologie zu 30% und das System mit 20%.

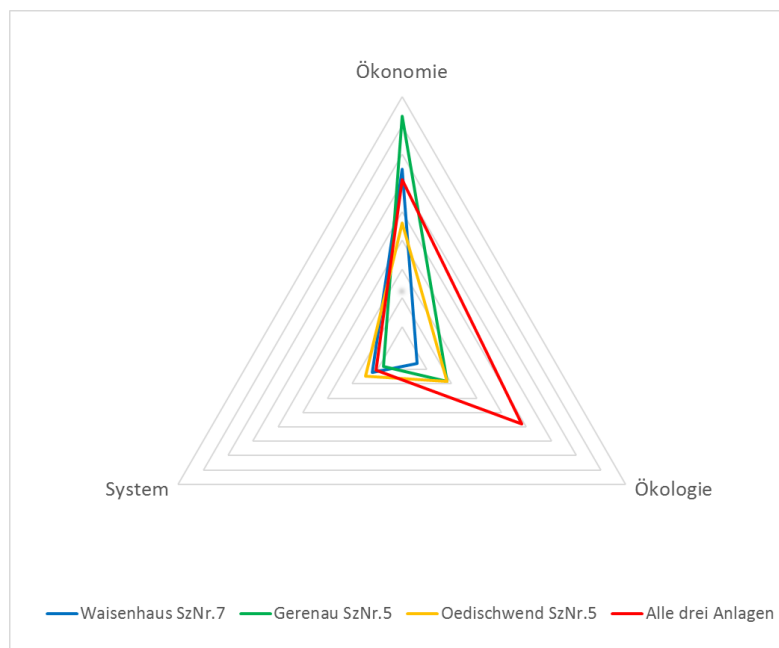


Abbildung 26: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Nutzwertanalyse

Die Nutzwertanalyse zeigt, dass die Anlage am Standort Gerenau mit 5.4 Punkten als Sieger der einzelnen Anlagen hervorgeht. Die Lösung, alle Anlagen als eine Investition zu betrachten zeigt sich jedoch auf dem ersten Platz mit 6 Punkten. Die beiden analysierten Anlagen Waisenhaus mit 4.1 Punkten und Oedischwend mit 3.9 Punkten liegen auf dem dritten und vierten Platz. Die Resultate wurden ebenfalls in der Abbildung 26 dargestellt. Die Veränderung der Kategorischen Gewichtung hat gezeigt, dass sich die Ränge nicht stark verändern. Wenn jedoch die Sensitivität betreffend des Eigenverbrauchs und somit das System sehr stark gewichtet wird mit 80%, wird die Anlage am Standort Oedischwend auf den ersten Platz gesetzt. Dies veranschaulicht die Tatsache, dass eine Nutzwertanalyse auf unterschiedlichen Betrachtungsweisen basieren und mit dem richtigen Augenmass betrachtet werden muss.

#### 4.7.1 Empfehlung

Durch die Veranschaulichung der Resultate mithilfe der Nutzwertanalyse kann eine Empfehlung für die Anlage am Standort Gerenau ausgesprochen werden. Jedoch möchte im Hinblick auf die Vorbildfunktion der Stadt betreffend der Umsetzung erneuerbarer Energien eine weitere Empfehlung ausgesprochen werden. Die Variante der gesamtheitlichen Betrachtung über alle drei Standorte hinweg zeigt ökonomischen als auch ökologischen Nutzen auf, weshalb auch diese Variante empfohlen wird.

## 5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse diskutiert und in einen Kontext zur Aufgabenstellung gebracht. Darauf folgen ökologische Gesichtspunkte zu einer Umsetzung der Anlagen. Ein Fazit mit Ausblick schliesst die Arbeit ab. Das konkrete Ziel dieser Arbeit war es, eine Anlagenplanung für drei Standorte durchzuführen und im Hinblick auf eine Realisierung eine Entscheidungsgrundlage für die Stadt auszuarbeiten.

Wie die Arbeit gezeigt hat, weisen die Standorte unter anderem durch ihre grossen Dachflächen und den freien Horizont gute Potentiale auf. An den Standorten wurden spezifische Jahreserträge von rund 900 kWh/kWp für Ost West Aufgeständerte Anlagen eruiert. Die Energiebilanzen ergaben hohe Stromverbräuche der Pumpen, welche jedoch vorwiegend nachts stattfinden und somit dem Lastgang der Anlage nicht folgen können. Um die Pumpen tagsüber zu betreiben, müsste die Anlagensteuerung umgebaut werden, dies erwies sich aus technischer und ökonomischer Sicht als nicht sinnvoll. Die Energiebilanzen zeigten ausserdem hohe Verbräuche der Entfeuchter auf. Diese stehen nahezu ganztägig in Betrieb und liessen sich teilweise durch die Anlagen betreiben. Folglich wurden Lösungen zur Steigerung des Eigenverbrauchs anhand verschiedener Speichersysteme ermittelt. Die Resultate zeigen, dass der Einsatz der Batterien den Eigenverbrauch erhöht, jedoch auch die Investitionskosten ansteigen. Auch kann durch die Planung einer kleineren Anlage der Eigenverbrauch erhöht werden, jedoch zeigt sich durch Skaleneffekte, dass dabei die Kosten pro kWp ansteigen und die Rentabilität nicht verbessert wird.

Die Anlagenplanung erfolgte für eine 11.6 kWp Anlage am Standort Waisenhaus und zwei unter 30 kWp grosse Anlagen für die Standorte Gerenau und Oedischwend. Die Simulationen der Anlagen zeigen bessere Jahresproduktionen als noch in den Potentialen abgeschätzt. Die Eigenverbrauchsquoten liegen zwischen 12% und 33% und konnten durch Speichersysteme je nach Standort verdoppelt werden. Die situationsangepasste und optimierte Auslegung des Wechselrichters, wie auch die Nah Verschattung durch das Gelände und die Maschendrahtzäune konnte nicht simuliert werden. Für eine spätere Realisierung wäre es von Vorteil, die Verschattungen genauer zu betrachten um diese Unsicherheit zu beseitigen. Die Standorte weisen alle gute Begebenheiten auf um die Installation einer Anlage umzusetzen. Die Offerten dreier lokaler Installateure zeigen marginale Unterschiede der kWp Kosten. Jedoch mussten die Offerten separiert werden um Vergleiche anzustellen aufgrund unterschiedlich offerierter Komponenten und dessen Grössen. Ausserdem zeigen Preisanfragen bei Solarhändlern, dass sich die Kosten weiter senken lassen.

Die Wirtschaftlichen Berechnungen zeigen, dass die Anlagen Waisenhaus und Oedischwend zu den offerierten Kosten der Installationsfirmen nicht rentabel betrieben werden können. Dies liegt hauptsächlich an den spezifischen Lastprofilen und tiefen Strompreisen. Einzig der Standort Gerenau weist eine positive Rendite über 25 Jahre Nutzungsdauer auf, dies wird durch die eingesparten Betriebskosten erreicht. Werden jedoch die Installationskosten auf ein Minimum gesenkt und weitere Parameter verändert, zeigt sich ein positiveres Bild. Szenarien mit zukünftig teureren Strompreisen und dem positiven Verkauf des ökologischen Mehrwertes lassen die Anlagen rentabel werden. Eine Möglichkeit könnte sein, dass die Stadt ihre Ressourcen nutzt und versucht die Herkunftsnachweise an ihre Bevölkerung zu verkaufen. Mit dem Blick hin zur Energiewende und dem ökologischen Nutzen einer Solaranlage wäre es bedauernswert die Flächen nicht für eine solare Nutzung zur Verfügung zu stellen.

Auch wenn die Rentabilität aus heutiger Perspektive nicht garantiert ist sprechen weitere Gründe für eine Umsetzung. Einerseits sicherlich die ökologischen Vorteile des Solarstroms. Wird erneuerbarer Strom produziert, können andere Energieformen substituiert werden. Die regionale Wertschöpfung kann je nach Umsetzungsgrad ebenfalls als positiver Aspekt aufgeführt werden und unterstützt das regionale Gewerbe. Ausserdem kann die Stadt Wädenswil ihre Vorbildfunktion weiter ausbauen und einen wichtigen Schritt in eine regenerative Energiezukunft unternehmen.

#### **Fazit des Autors:**

Für den Autor erscheint die Umsetzung der Anlagen sinnvoll. Der Ausblick in die Zukunft betreffend Strompreisen ist sicherlich schwierig, doch wird voraussichtlich auf Anfang 2018 das neue Energiegesetz in Kraft gesetzt und somit die Hürden für eine Umsetzung weiter gesenkt. Dieses Projekt hilft dabei, die Abhängigkeit von importierten Energien zu reduzieren, die einheimische Wertschöpfung zu erhöhen und dadurch auch die erneuerbaren Energien in der Schweiz zu stärken.

## 6 Literaturverzeichnis

- ADOPTION OF THE PARIS AGREEMENT. (2015). *Draft decision, COP21*. Paris. Abgerufen am 10. Oktober 2016 von <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09.pdf>
- Bundesamt für Verkehr BAV (Hrsg.). (2017). *Vorgabewerte für Teuerung und Kalkulationszinssatz*. Abgerufen am 15. 09 2017 von Internetseite: <https://www.bav.admin.ch/bav/de/home/themen/alphabetische-themenliste/formulare/infrastrukturfinanzierung/vorgabewerte-teuerung-kalkulationszinssatz.html>
- Burger, B., Kiefer, K., Kost, C., Nold, S., Philipps, S., Preu, R., . . . Warmuth, W. (2016). *Photovoltaics Report*. Freiburg: Fraunhofer ISE.
- EKZ Tarifsammlung. (2016). *Tarifsammlung*. (Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Hrsg.) Abgerufen am 22. Mai 2017 von [www.ekz.ch](http://www.ekz.ch): [http://www.ekz.ch/de/systemseiten/suche.html?q=tarifsammlung&\\_charset\\_=UTF-8](http://www.ekz.ch/de/systemseiten/suche.html?q=tarifsammlung&_charset_=UTF-8)
- EKZ Tarifsammlung. (2017). *Tarifsammlung*. (Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Hrsg.) Abgerufen am 20. Mai 2017 von [www.ekz.ch](http://www.ekz.ch): [http://www.ekz.ch/de/systemseiten/suche.html?q=tarifsammlung&\\_charset\\_=UTF-8](http://www.ekz.ch/de/systemseiten/suche.html?q=tarifsammlung&_charset_=UTF-8)
- Energieperspektiven 2050. (2013). *Bericht Zusammenfassung 5. Oktober 2013*. Bern, Bundesamt für Energie. S.1-25.
- Förderung von erneuerbaren Energien. (2017). *swissgrid*. Abgerufen am 05. August 2017 von [https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/renewable\\_energies/remuneration\\_re.html](https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/renewable_energies/remuneration_re.html)
- Gesetzliche Grundlagen für Stromproduzenten. (2017). *Arbeitsvorschrift*. (Elektrizitätswerke des Kantons Zürich, Herausgeber) Abgerufen am 16. August 2017 von [www.ekz.ch](http://www.ekz.ch): <http://www.ekz.ch/content/dam/ekz-internet/private/produzieren/Gesetzliche-Grundlagen-Stromproduzenten.pdf>
- Goetzberger, A., Voss, B., & Knobloch, J. (1997). *Sonnenenergie: Photovoltaik* (Bd. 2). Freiburg: B.G. Teubner Stuttgart.
- Google Earth Pro. (2017). Programmausgabe. Abgerufen am 16. Mai 2017
- Koller, C. (2014). Natürliche Ressourcen und Erneuerbare Energien 2. In *Unterrichtsunterlagen ZHAW, Kapitel Photovoltaik*.
- Koller, C. (2015). Solarthermie und Photovoltaik. In *Unterrichtsunterlagen ZHAW, Kapitel Anlagebau und Anwendungstechnik*.
- Kostendeckende Einspeisevergütung: Informationen für Projektanten von Photovoltaik Anlagen. (2017). *Faktenblatt*. Abgerufen am 05. August 2017 von [swissgrid](https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/renewable_energies/remuneration_re.html): [https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/renewable\\_energies/remuneration\\_re.html](https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/renewable_energies/remuneration_re.html)
- LG Solar. (2017). *Datenblätter*. Abgerufen am 02. August 2017 von <http://www.lg.com/de/business/solar>: <http://www.lg.com/de/business/solar-panel>
- map.energie.admin. (2017). *Geomap der Schweizerischen Eidgenossenschaft*. Abgerufen am 25. April 2017 von <https://map.geo.admin.ch/?topic=energie&lang=de&catalogNodes=2419,2420,2427,2480,2429,2431,2434,2436,2767,2441,3206&bgLayer=ch.swisstopo.pixelkarte-grau>

- Meteonorm. (2017). *Globale meteorologische Datenbank für Ingenieure, Planer und Ausbildung*.
- MeyerBurger. (2017). *Datenblätter bifacial*. Abgerufen am 02. Juni 2017 von [energysystems.meyerburger.com](http://energysystems.meyerburger.com):  
<http://energysystems.meyerburger.com/produkte/solarmodule/bifacial/>
- Ökostrombörse. (2017). Abgerufen am 14. September 2017 von Internetseite:  
<http://www.oekostromboerse.ch/>
- Photovoltaic Geographical Information System. (2017). Abgerufen am 6. Mai 2017 von Internetseite: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>
- Rohrer, J. (2016). Anlageprojektierung. In *Unterricht ZHAW, Kapitel Wirtschaftlichkeit; Projektierung; Datenerhebung und Analysen*.
- Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (Hrsg.). (01. Juli 2014). *sia 261. Einwirkungen auf Tragwerke*. Zürich.
- SOLAR SCORECARD. (2015). *Jährlicher Bericht der Kampagne für Nachhaltigkeitsstandards*. San Francisco: Silicon Valley Toxics Coalition. Abgerufen am 02. Dezember 2016 von <http://svtc.org/our-work/solar/>
- Solar-Toolbox: *Solarertrag berechnen mit der Online Solarsimulation*. (2017). Abgerufen am 02. Mai 2017 von Internetseite Solarsimulation: <http://www.solar-toolbox.ch/>
- SolarWorld. (2017). *Datenblätter*. (SolarWorld, Hrsg.) Abgerufen am 15. April 2017 von <http://www.solarworld.ch>: <http://www.solarworld.ch/produkte/sunmodule/>
- Straka, F. (2014). Wirtschaftlichkeit einer Photovoltaikanlage auf dem Dach eines Mehrfamilien-Passivhauses zur Deckung des Strombedarfes der zentralen Lüftungsanlage. Hamburg. Abgerufen am 23. April 2017 von <http://docplayer.org/8461167-Bachelorarbeit-zur-erlangung-des-akademischen-grades-bachelor-of-science.html>
- Sunny Tripower. (2017). *Datenblätter*. Abgerufen am 20. Juli 2017 von SMA: <https://www.sma.de/produkte/uebersicht.html>
- Tausende Mitarbeiter fürchten um ihre Jobs. (2017). *Handelsblatt*. Abgerufen am 05. Juli 2017 von Internetseite: <http://www.handelsblatt.com/unternehmen/energie/solarworld-insolvenz-tausende-mitarbeiter-fuerchten-um-ihre-jobs/19786376.html>
- Toggweiler, P. (2015). *BETRIEBSKOSTEN von PV-ANLAGEN*. Abgerufen am 28. August 2017 von [www.swissolar.ch](http://www.swissolar.ch): [http://www.swissolar.ch/fileadmin/user\\_upload/Tagungen/PV-Tagung\\_2015/6.1\\_Resultate\\_der\\_BFE-Studie\\_zu\\_den\\_Betriebskosten\\_bei\\_PV-Anlagen\\_P\\_Toggweiler.pdf](http://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Tagungen/PV-Tagung_2015/6.1_Resultate_der_BFE-Studie_zu_den_Betriebskosten_bei_PV-Anlagen_P_Toggweiler.pdf)
- Wie hoch ist die Einmalvergütung und wie setzt sie sich zusammen? (2017). *Fachportal*. Abgerufen am 03. August 2017 von [https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/renewable\\_energies/remuneration\\_re/eiv/compensation.html](https://www.swissgrid.ch/swissgrid/de/home/experts/topics/renewable_energies/remuneration_re/eiv/compensation.html)
- Wie viel Strom kann meine Hausfassade produzieren? (2017). *uvek-gis.admin*. Abgerufen am 22. Mai 2017 von <http://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/sonnenfassade/?lang=de&building=581795>



## Abbildungsverzeichnis

Titelbild: Abbildung 1: Titelblatt Photovoltaikmodule; Quelle:

<https://www.aew.ch/privatkunden/ueber->

[uns/medien/medienmitteilungen/archiv/2014/september/oekostromboerse--dank-preisreduktion-noch-attraktiver-fuer-energ.html](https://www.aew.ch/privatkunden/ueber-uns/medien/medienmitteilungen/archiv/2014/september/oekostromboerse--dank-preisreduktion-noch-attraktiver-fuer-energ.html) Abgerufen am 16.05.2017..... 2

Abbildung 2: Wädenswil mit den drei Standorten Gerenau, Waisenhaus und Oedischwend, Quelle: (Google Earth Pro, 2017) ..... 10

Abbildung 3: Prinzip und Aufbau einer PV-Zelle; Quelle: (Straka, 2014)..... 12

Abbildung 4: links, Ansicht aus östlicher Richtung ..... 23

Abbildung 5: rechts, Ansicht aus Südwestlicher Richtung..... 23

Abbildung 6: links, Ansicht aus Nordwestlicher Richtung..... 24

Abbildung 7: rechts, Ansicht aus östlicher Richtung ..... 24

Abbildung 8: Schaltschrank und Treppe an der nördlichen Seite von der Türe aus ..... 25

Abbildung 9: links, Ansicht aus nördlicher Richtung..... 26

Abbildung 10: rechts, Ansicht aus westlicher Richtung ..... 26

Abbildung 11: links, Ansicht aus westlicher Richtung ..... 27

Abbildung 12: rechts, Ansicht aus nördlicher Richtung ..... 27

Abbildung 13: Ansicht aus östlicher Richtung ..... 27

Abbildung 14: Möglicher Standort für Anlagenkomponenten im Erdgeschoss ..... 28

Abbildung 15: links, Ansicht aus Nordöstlicher Richtung ..... 29

Abbildung 16: rechts, Ansicht aus Nordöstlicher Richtung..... 29

Abbildung 17: Ansicht aus Nördlicher Richtung ..... 30

Abbildung 18: Blick hinter die Verteilung ..... 30

Abbildung 19: Visualisierung Waisenhaus mit einer Ost/West Anlage ..... 33

Abbildung 20: Visualisierung Gerenau mit einer Südlichen Anlage..... 34

Abbildung 21: Visualisierung Oedischwend mit einer Nordost/Südwestlichen Anlage ..... 35

---

Abbildung 22: Verbrauchs- und Produktionsverlauf über ein ganzes Jahr .....	38
Abbildung 23: Verbrauchs- und Produktionsverlauf ohne Pumpen über ein ganzes Jahr .....	38
Abbildung 24: Stringplan der Ost-West Anlage am Standort Waisenhaus .....	52
Abbildung 25: Prinzipschema für den Standort Waisenhaus .....	54
Abbildung 26: Grafische Darstellung der Ergebnisse der Nutzwertanalyse.....	72
Abbildung 27: Datenblatt Sunmodule Plus SW 290 von SolarWorld AG; Quelle: (SolarWorld, 2017).....	90
Abbildung 28: Ausgabe 1 der Potentialanalyse für die Ost/West ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	91
Abbildung 29: Ausgabe 2 der Potentialanalyse für die Ost/West ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	92
Abbildung 30: Ausgabe der Potentialanalyse für die Südlich ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	93
Abbildung 31: Ausgabe 1 der Potentialanalyse für die Ost/West ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	94
Abbildung 32: Ausgabe 2 der Potentialanalyse für die Ost/West ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	95
Abbildung 33: Ausgabe der Potentialanalyse für die Südlich ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	96
Abbildung 34: Ausgabe der Potentialanalyse für die Südwestlich ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	97
Abbildung 35: Ausgabe der Potentialanalyse für die Nordost/Südwestlich ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017).....	98
Abbildung 36: Ausgabe der Potentialanalyse für die Nordost/Südwestlich ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017).....	99
Abbildung 37: Ausgabe der Potentialanalyse für die Südlich ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	100
Abbildung 38: Ausgabe der Potentialanalyse für die Ost/West ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	101

---

---

Abbildung 39: Ausgabe der Potentialanalyse für die Ost/West ausgerichtete Anlage 20° (Photovoltaic Geographical Information System, 2017) .....	102
Abbildung 40: Kostenaufstellung Pumpwerk Waisenhaus für die Jahre 2016 & 2017 (EKZ Tarifsammlung, 2016) & (EKZ Tarifsammlung, 2017) .....	103
Abbildung 41: Kostenaufstellung Pumpwerk Gerenau für die Jahre 2016 & 2017 (EKZ Tarifsammlung, 2016) & (EKZ Tarifsammlung, 2017) .....	104
Abbildung 42: Kostenaufstellung Pumpwerk Oedischwend für die Jahre 2016 & 2017 (EKZ Tarifsammlung, 2016) & (EKZ Tarifsammlung, 2017) .....	105
Abbildung 43: Kostenaufstellung aller Pumpwerke mit naturmade star Tarifen (EKZ Tarifsammlung, 2016) & (EKZ Tarifsammlung, 2017) .....	106
Abbildung 44:Stringplan Pumpwerk Gerenau .....	124
Abbildung 45:Stringplan Pumpwerk Oedischwend .....	125
Abbildung 46: Wechselrichter und Stringberechnungen Waisenhaus .....	127
Abbildung 47: Wechselrichter und Stringberechnungen Gerenau.....	127
Abbildung 48: Wechselrichter und Stringberechnungen Oedischwend .....	127

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Parameter für die Potentialanalysen .....	17
Tabelle 2: Übersicht über alle drei Standorte.....	31
Tabelle 3: Potentiale des Standorts Waisenhaus.....	32
Tabelle 4: Potentiale des Standorts Gerenau .....	33
Tabelle 5: Potentiale des Standorts Oedischwend.....	35
Tabelle 6: Leistungszusammenstellung Pumpwerk Waisenhaus.....	39
Tabelle 7: Leistungszusammenstellung Pumpwerk Gerenau.....	41
Tabelle 8: Leistungszusammenstellung Pumpwerk Oedischwend.....	43
Tabelle 9: Übersicht der Verbräuche und deren Kosten als auch die Potentialabschätzungen .	45
Tabelle 10: Übersicht über die Leitungslängen und Verluste .....	53
Tabelle 11: Übersicht der Ergebnisse aus den Simulationen mit PVSol .....	58
Tabelle 12: Zeigt das Ausmass für den Standort Waisenhaus.....	60
Tabelle 13: Investitionskosten der verschiedenen Varianten am Standort Waisenhaus.....	62
Tabelle 14: Rahmenbedingungen und Resultate .....	64
Tabelle 15: Szenarios Waisenhaus .....	64
Tabelle 16: Resultate der Szenarios Waisenhaus .....	65
Tabelle 17: Rahmenbedingungen und Resultate .....	66
Tabelle 18: Szenarios Gerenau .....	67
Tabelle 19: Resultate der Szenarios Gerenau .....	67
Tabelle 20: Rahmenbedingungen und Resultate .....	68
Tabelle 21: Szenarios Oedischwend .....	69
Tabelle 22: Resultate der Szenarios Oedischwend .....	69
Tabelle 23: Rahmenbedingungen und Resultate .....	70
Tabelle 24: Nutzwertanalyse .....	71

---

Tabelle 25: Ausmass für den Standort Gerenau .....	128
Tabelle 26: Ausmass für den Standort Oedischwend .....	129
Tabelle 27: Ausmass für den Standort Oedischwend 66.7 .....	130
Tabelle 28: Offertenübersicht und Preise für den Standort Waisenhaus .....	131
Tabelle 29: Investitionskosten verschiedener Varianten für den Standort Waisenhaus .....	132
Tabelle 30: Offerten Übersicht und Preise für den Standort Gerenau .....	133
Tabelle 31: Investitionskosten verschiedener Varianten für den Standort Gerenau .....	134
Tabelle 32: Offerten Übersicht und Preise für den Standort Oedischwend .....	135
Tabelle 33: Investitionskosten verschiedener Varianten für den Standort Oedischwend .....	136
Tabelle 34: Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Waisenhaus .....	138
Tabelle 35: Eingabeinformationen für Wirtschaftlichkeit Standort Waisenhaus .....	139
Tabelle 36: Resultate der Wirtschaftlichkeit Standort Waisenhaus .....	139
Tabelle 37: Sensitivitäten der Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Waisenhaus .....	140
Tabelle 38: Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Gerenau .....	141
Tabelle 39: Eingabeinformationen für Wirtschaftlichkeit Standort Gerenau .....	142
Tabelle 40: Resultate der Wirtschaftlichkeit Standort Gerenau .....	142
Tabelle 41: Sensitivitäten der Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Gerenau .....	143
Tabelle 42: Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Oedischwend .....	144
Tabelle 43: Eingabeinformationen für Wirtschaftlichkeit Standort Oedischwend .....	145
Tabelle 44: Resultate der Wirtschaftlichkeit Standort Oedischwend .....	145
Tabelle 45: Sensitivitäten der Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Oedischwend .....	146
Tabelle 46: Tarifpreise EKZ (EKZ Tarifsammlung, 2016) & (EKZ Tarifsammlung, 2017) .....	147
Tabelle 47: Wirtschaftlichkeitsrechnung für alle drei Standorte zusammen .....	151
Tabelle 48: Eingabeinformationen für Wirtschaftlichkeit aller Standorte zusammen .....	152
Tabelle 49: Resultate der Wirtschaftlichkeit aller Standorte zusammen .....	152

---

Tabelle 50: Punktevergabe der Nutzwertanalyse.....	153
--	-----

## **Anhangverzeichnis**

Anhang 1:	Aufgabenstellung
Anhang 2:	Datenblatt Modul Solarworld
Anhang 3:	Potentialanalyse Waisenhaus
Anhang 4:	Potentialanalyse Gerenau
Anhang 5:	Potentialanalyse Oedischwend
Anhang 6:	Kostenaufstellung Waisenhaus
Anhang 7:	Kostenaufstellung Gerenau
Anhang 8:	Kostenaufstellung Oedischwend
Anhang 9:	Datenblatt Modul LG
Anhang 10:	Datenblatt Wechselrichter SMA
Anhang 11:	Datenblatt Batteriesystem tesvolt
Anhang 12:	Datenblatt Montagesystem Schweizer
Anhang 13:	Stringplan Pumpwerk Gerenau und Oedischwend
Anhang 14:	Berechnungen
Anhang 15:	Berechnungen
Anhang 16:	Ausmass
Anhang 17:	Offerten Übersicht und Investitionskosten
Anhang 18:	Wirtschaftlichkeitsrechnung Waisenhaus
Anhang 19:	Wirtschaftlichkeitsrechnung Gerenau
Anhang 20:	Wirtschaftlichkeitsrechnung Oedischwend
Anhang 21:	Tarifpreise EKZ
Anhang 22:	Kontakte
Anhang 23:	Wirtschaftlichkeitsrechnung für alle drei Standorte zusammen
Anhang 24:	Punktevergabe der Nutzwertanalyse

Plagiatserklärung

Poster

---

## Anhang 1

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften



**Life Sciences und  
Facility Management**

Institut für  
Umwelt und  
Natürliche Ressourcen

Bachelor-Arbeit		
Studienjahrgang		SBUI13
Titel		Trinkwasser mit PV-Strom auf den Wädenswiler Berg pumpen
Vertraulich		ja <input type="checkbox"/> X nein <input checked="" type="checkbox"/>
Fachgebiet		Erneuerbare Energien
Namen	Student	Patrick Engeli Via Paliu 4 Pf 334 7032 Laax GR  Tel.: +4176 308 60 09 E-Mail: engelpat@students.zhaw.ch
	1. Korrektor	Kevin Arm ZHAW Life Sciences und Facility Management Grüental 8820 Wädenswil  Tel.: +4158 934 53 11 E-Mail: kevin.arm@zhaw.ch
	2. Korrektorin	Nadia Sperr ZHAW Life Sciences und Facility Management Grüental 8820 Wädenswil  Tel.: +4158 934 51 13 E-Mail: nadia.sperr@zhaw.ch



<b>Aufgabenstellung</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Ausgangslage</b></li><li>• <b>Zielsetzungen</b></li><li>• <b>Zusätzliche Auftragsmodalitäten</b></li></ul>	<b>Ausgangslage:</b> <p>Die Werke der Stadt Wädenswil betreiben zur Trinkwasserversorgung Reservoir. Damit das Seewasser zu den Häusern in der Hanglage gebracht werden kann und in allen Leitungen der Versorgung der nötige Druck vorhanden ist, wird das Wasser mittels Elektropumpen in die Reservoir hochgepumpt. Nun ist die Idee entstanden, die Dach- und evtl. Fassadenflächen der Reservoir mit PV-Anlagen zu versehen, um den Strom den die Pumpen benötigen direkt vor Ort zu produzieren.</p> <p>Bisher sind die Pumpen so gesteuert, dass sie in der Nacht beim "günstigen" Niedertarif laufen. Dies könnte evtl. durch eine Steuerung auf den Tag verlegt werden, damit der PV-Strom direkt genutzt werden kann. Möglich wäre auch eine Batterie, die den Tagesstrom speichert, so dass die Pumpen in der Nacht zuerst mit Batteriestrom von der PV-Anlage laufen und der "Rest", der nicht abgedeckt werden kann (je nach Eigenstromverbrauch und Wetterlage vom Tag), könnte mit günstigem Nachtstrom zugekauft werden.</p> <b>Zielsetzung:</b> <p>Für die Stadtwerke Wädenswil sollen PV-Anlagen für die drei Standorte Ödischwend, Gerenau und Waisenhaus projektiert werden. Dabei sollen diverse Kriterien wie z.B. der Eigenverbrauch und der Autarkiegrad ausgewertet werden. Unter Berücksichtigung der vorherrschenden Bedingungen und Wünschen der Stadtwerke sollen verschiedene Varianten ausgearbeitet werden. Für diese Varianten soll eine Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt werden, basierend auf eingeholten Offerten. Mit einer Nutzwertanalyse sollen die verschiedenen Varianten bewertet und miteinander verglichen werden. Das Ziel soll eine oder allenfalls mehrere konkrete, gut begründete Empfehlungen für die Stadt Wädenswil sein.</p> <p>Folgende Aufgaben sollen ausgeführt werden:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>→ Momentane Situation aufnehmen, Energiebilanzen erstellen und Potentialabschätzungen vornehmen</li><li>→ Planung und Dimensionierung von PV-Systemen an den drei Standorten</li><li>→ Offerten einholen</li><li>→ Wirtschaftlichkeitsberechnungen</li><li>→ Nutzwertanalyse der Varianten mit anschliessender Empfehlung</li></ul> <b>Zusätzliche Auftragsmodalitäten:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Bachelorarbeit, gem. Weisungen ZHAW W235-06I</li><li>• Präsentation</li><li>• Poster</li><li>• CD-ROM für Datenarchivierung (BA, Poster)</li></ul>
---	--

<b>Formale Anforderungen</b>	<p>Die Weisungen zur Arbeit müssen gelesen und erfüllt werden. <a href="http://www.lsfm.zhaw.ch/science/studium/info/bachelor-studium/wichtige-dokumente.html">http://www.lsfm.zhaw.ch/science/studium/info/bachelor-studium/wichtige-dokumente.html</a></p> <p>Abgabe BA an: 2 Korrigierende: Je 1 gebundene Kopie, 1 beschriftete CD-ROM Archiv: 1 CD-ROM Bibliothek: 1 gebundene Kopie</p>
<b>Zeitplan</b>	<p>Siehe Anhang Abgabedatum: 07.09.2017</p>

<b>Bemerkungen</b>	<p>Provisorisches Inhaltsverzeichnis und Ideen 13.02.2017</p> <p>Zusammenfassung</p> <p>Abstract</p> <p>Inhaltsverzeichnis</p> <p>Liste der Abkürzungen (nach Bedarf)</p> <p>1. Einleitung</p> <p>    1.1 Ausgangslage / Problemstellung / Nische für Arbeit, Energiestadt</p> <p>    1.2 Gliederung der Arbeit</p> <p>    1.3 Zielsetzungen</p> <p>2. Theorieteil</p> <p>    2.1 Standort und Messungen (IST SITUATION)</p> <p>        2.1.1 Gebäude, Dachabmessungen- und Aufbau, Horizont, Verschattung, Hausanschluss, mom. Schaltung &amp; Wünsche, Datenerfassung, Eigenverbrauch, Autarkie</p> <p>3. Material und Methoden</p> <p>    3.1 Durchführung und Vorgehen der Arbeit beschreiben (Datenbankrecherche, Programme, Datenerhebung- Bereinigung und Analyse, Begehungen, Besprechungen, Berechnungen, Nutzwertanalyse und dessen Bewertungskriterien mit Gewichtung)</p> <p>4. Ergebnisse</p> <p>    4.1 Potentialabschätzungen (3 Standorte, Datenqualität)</p> <p>    4.2 Energiebilanz / Lastgang (Unsicherheiten, Datenqualität)</p> <p>    4.3 Variantenausarbeitung, Konzeptentwicklung &amp; Entscheidungen</p> <p>    4.4 Planung (PVSol, Offerten, Skizze, Excel)</p> <p>        4.4.1 Standort, Lastprofil, Dimensionierung, Tool?, Module, Wechselrichter, Installation, Schnee und Wind, Ertrag, KEV, Allg. Vorschriften, Blitz und Brand, Logistik, Prinzipschema? Batterie</p> <p>    4.5 Kostenrechnung (Sensitivitätsanalyse)</p> <p>    4.6 Ökologische Bewertung</p> <p>    4.7 Nutzwertanalyse (Ökonomie, Ökologie und soziales)</p> <p>    4.8 Empfehlungen</p> <p>5. Diskussion</p> <p>    5.1 Diskussion der Resultate, allenfalls Beurteilung der Arbeit (konnten die Aufgaben gelöst werden)</p> <p>    5.2 Fazit und Ausblick</p> <p>6. Literaturverzeichnis</p> <p>Abbildungsverzeichnis</p> <p>Tabellenverzeichnis</p> <p>Anhang</p> <p>Poster (A4)</p>
<b>Arbeitsort</b>	ZHAW Wädenswil & Weinfelden & Laax & ETH ZH & Uni ZH

Seite 5 von 6

Plagiate verstossen gegen die Urheberrechte, eine Verletzung dieser Rechte wird gemäss der Studien- und Prüfungsordnung für die Bachelorstudiengänge der Hochschule Wädenswil vom 01.09.2006 in § 38, 39 geregelt. Diese Studien- und Prüfungsordnung gilt für alle Bachelorstudienjahrgänge bis und mit Studienstart 2009.

Für Bachelorstudienjahrgänge mit Studienbeginn ab 2010 und die Masterstudiengänge mit Studienbeginn ab 2009 gilt § 39 der Rahmenprüfungsordnung für Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29.01.2008.

## Zeitplan

		v170214	Trinkwasser mit PV-Strom auf den Wädenswiler Berg pumpen																																Patrick Engeli UI13			
			Februar				März					April					Mai					Juni					Juli			August			Sept.					
KW			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36				
Phase	Tätigkeit	Termin																																				
1	Aufgabenstellung																																					
	Aufgabenstellung einreichen	23.02.2017				☀️																																
	Literaturrecherche																																					
	Situationsanalyse IST-Zustand																																					
	Standortbesichtigung																																					
	Materialplanung																																					
2	Theorie																																					
	Potentialabschätzungen																																					
	Energiebilanz																																					
	Variantausarbeitung																																					
	Planung																																					
	Kosten																																					
	ökologische Betrachtung																																					
	Nutzwertanalyse																																					
3	Offerten																																					
	Offerten einholen																																					
4	Dokumentation																																					
	Dokumentvorlage																																					
	Einleitung																																					
	Theorie																																					
	Material und Methoden																																					
	Resultate																																					
	Diskussion																																					
	Abgabe Vorkorrektur																																					
	Überarbeitung Vorkorrektur																																					
	Poster																																					
	Drucken & Binden																																					
	Abgabe Endfassung	07.09.2017																																				
5	Termine																																					
	Kick-Off Meeting	07.02.2017			☀️																																	
	Kick-Off Stadt Wädenswil	offen																																				
	1. Besprechung																																					
	2. Besprechung																																					
	3. Besprechung Halbzeit																																					
	4. Besprechung Vorkorrektur																																					
6	Abwesenheiten																																					
	Student																																					
	Korrektor																																					
7	Legende																																					
	Haupttätigkeit												</																									

## Anhang 2

Sunmodule® Plus  
SW 290 / 300 MONO

## VERHALTEN BEI STANDARDTESTBEDINGUNGEN (STC)\*

		SW 290	SW 300
Maximalleistung	$P_{max}$	290 Wp	300 Wp
Leerlaufspannung	$U_{oc}$	39,6 V	40,0 V
Spannung bei Maximalleistung	$U_{mpp}$	31,9 V	32,6 V
Kurzschlussstrom	$I_{sc}$	9,75 A	9,83 A
Strom bei Maximalleistung	$I_{mpp}$	9,20 A	9,31 A
Modulwirkungsgrad	$\eta_m$	17,30 %	17,89 %

Messstoleranz ( $P_{max}$ ) rückführbar auf TÜV Rheinland: +/- 2% (TÜV Power controlled, ID 0000039351)\*STC: 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM 1.5VERHALTEN BEI 800 W/m<sup>2</sup>, NOCT, AM 1.5

		SW 290	SW 300
Maximalleistung	$P_{max}$	219,6 Wp	226,7 Wp
Leerlaufspannung	$U_{oc}$	36,7 V	37,0 V
Spannung bei Maximalleistung	$U_{mpp}$	29,5 V	30,2 V
Kurzschlussstrom	$I_{sc}$	7,99 A	8,06 A
Strom bei Maximalleistung	$I_{mpp}$	7,43 A	7,52 A

Geringe Wirkungsgradreduktion im Teillastverhalten bei 25°C: bei 200 W/m<sup>2</sup> werden 97 % (+/- 3 %) des STC Wirkungsgrades (1000 W/m<sup>2</sup>) erreicht.

## KENNGRÖSSEN ZUR OPTIMALEN SYSTEMEINBINDUNG

Leistungssortierung	-0 Wp / +10 Wp
Max. Systemspannung IEC	1000 V
Rückstrombelastbarkeit	25 A
Anzahl Bypassdioden	3
zulässige Betriebstemperatur	-40°C - +85°C
Maximale Belastbarkeit (2-Profil System)*	+5,4 kN/m <sup>2</sup> / -3,1 kN/m <sup>2</sup>
Maximale Belastbarkeit (3-Profil System)*	+8,5 kN/m <sup>2</sup> / -3,1 kN/m <sup>2</sup>

\*Ausführlichere Informationen zu den zulässigen Lastfällen entnehmen Sie bitte der Benutzeranleitung

## VERWENDETE MATERIALIEN

Zellen pro Modul	60
Zelltyp	Monokristallin PERC
Zellabmessungen	156 mm x 156 mm
Vorderseite	Einscheibensicherheitsglas (EN 12150)
Rückseite	Folie, weiß
Rahmen	schwarz eloxiertes Aluminium
Anschlussdose	IP65
Stecker	Amphenol H4 UTX

## ABMESSUNG / GEWICHT

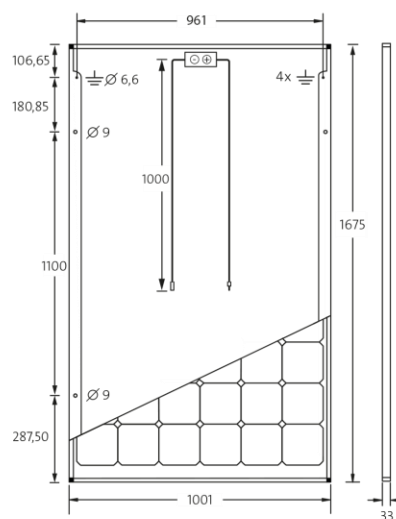
Länge	1675 mm
Breite	1001 mm
Höhe	33 mm
Gewicht	18,0 kg

## THERMISCHE KENNGRÖSSEN

NOCT	46 °C
TK $I_{sc}$	0,070 %/K
TK $U_{oc}$	-0,29 %/K
TK $P_{mpp}$	-0,39 %/K

## BESTELLINFORMATIONEN

Bestell-Nr.	Beschreibung
82000482	Sunmodule Plus SW 290 mono
82000432	Sunmodule Plus SW 300 mono



## ZERTIFIKATE UND GARANTIE

Zertifikate	IEC 61730	IEC 61215	
	IEC 62716	IEC 60068-2-68	IEC 61701
Garantien	Produktgewährleistung	20 Jahre	
	lineare Leistungsgarantie	25 Jahre	

Die SolarWorld AG behält sich Spezifikationsänderungen vor. Dieses Datenblatt entspricht den Vorgaben der EN 50380.

90002572 | V1 2017-02-24 DE

Abbildung 27: Datenblatt Sunmodule Plus SW 290 von SolarWorld AG; Quelle: (SolarWorld, 2017)

## Anhang 3



### Photovoltaic Geographical Information System

European Commission  
Joint Research Centre  
Ispra, Italy

#### Performance of Grid-connected PV

##### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'2" North, 8°40'20" East, Elevation: 560 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 5.8 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.3% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 4.0%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.5%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=-94 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	4.54	141	1.03	31.9
Feb	8.20	230	1.76	49.3
Mar	14.40	447	3.14	97.3
Apr	19.90	596	4.40	132
May	22.20	689	5.02	156
Jun	23.30	698	5.33	160
Jul	23.40	727	5.43	168
Aug	19.70	611	4.52	140
Sep	15.50	464	3.49	105
Oct	9.93	308	2.22	68.9
Nov	5.45	164	1.24	37.1
Dec	3.67	114	0.85	26.5
Year	14.20	432	3.21	97.7
Total for year		5190		1170

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

##### Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

##### This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'2" North, 8°40'20" East, Elevation: 560 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 5.8 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.8% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.8%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.8%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=86 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	4.70	146	1.06	32.9
Feb	8.45	237	1.82	50.9
Mar	14.70	454	3.21	99.6
Apr	20.10	603	4.49	135
May	22.40	693	5.07	157
Jun	23.30	699	5.37	161
Jul	23.50	729	5.48	170
Aug	19.90	617	4.59	142
Sep	15.80	474	3.58	107
Oct	10.20	316	2.29	70.9
Nov	5.65	170	1.28	38.4
Dec	3.83	119	0.88	27.4
Year	14.40	438	3.27	99.4
Total for year		5260		1190

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.



## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'2" North, 8°40'20" East, Elevation: 560 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 8.1 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.6% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.1%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=-4 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	9.76	303	1.46	45.3
Feb	16.00	449	2.39	66.8
Mar	24.90	773	3.87	120
Apr	31.40	943	5.03	151
May	32.90	1020	5.36	166
Jun	33.60	1010	5.56	167
Jul	34.30	1060	5.74	178
Aug	30.60	949	5.07	157
Sep	26.10	782	4.21	126
Oct	18.40	570	2.89	89.6
Nov	11.50	345	1.76	52.7
Dec	8.33	258	1.25	38.8
Year	23.20	705	3.72	113
Total for year		8460		1360

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Anhang 4



### Photovoltaic Geographical Information System

European Commission  
Joint Research Centre  
Ispra, Italy

#### Performance of Grid-connected PV

##### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°12'46" North, 8°40'9" East, Elevation: 606 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 13.9 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.3% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 4.6%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 23.9%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=-120 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	8.23	255	0.86	26.6
Feb	16.10	452	1.50	42.1
Mar	30.80	956	2.82	87.3
Apr	44.50	1340	4.10	123
May	51.80	1610	4.84	150
Jun	54.80	1640	5.21	156
Jul	54.80	1700	5.25	163
Aug	44.70	1380	4.26	132
Sep	33.60	1010	3.17	95.1
Oct	20.30	631	1.94	60.2
Nov	10.10	303	1.03	30.9
Dec	6.45	200	0.70	21.7
Year	31.40	956	2.98	90.6
Total for year		11500		1090

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°12'46" North, 8°40'9" East, Elevation: 606 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 13.9 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.8% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.5%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.5%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=60 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	13.40	415	1.21	37.7
Feb	23.10	648	2.04	57.3
Mar	38.60	1200	3.51	109
Apr	51.10	1530	4.76	143
May	55.10	1710	5.22	162
Jun	57.00	1710	5.48	165
Jul	57.80	1790	5.62	174
Aug	50.20	1560	4.83	150
Sep	41.10	1230	3.88	116
Oct	27.60	856	2.56	79.3
Nov	16.00	479	1.47	44.0
Dec	11.20	347	1.03	31.8
Year	36.90	1120	3.47	106
Total for year		13500		1270

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°12'46" North, 8°40'9" East, Elevation: 606 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 16.2 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.4% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.0%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=-30 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	18.50	574	1.40	43.3
Feb	30.90	865	2.30	64.5
Mar	48.80	1510	3.79	117
Apr	62.30	1870	4.97	149
May	65.70	2040	5.34	165
Jun	67.30	2020	5.55	167
Jul	68.70	2130	5.73	178
Aug	60.80	1890	5.02	156
Sep	51.20	1540	4.13	124
Oct	35.80	1110	2.81	87.2
Nov	21.90	658	1.68	50.4
Dec	15.70	487	1.19	36.9
Year	45.70	1390	3.66	111
Total for year		16700		1340

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Anhang 5



### Photovoltaic Geographical Information System

European Commission  
Joint Research Centre  
Ispra, Italy

#### Performance of Grid-connected PV

##### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'27" North, 8°38'29" East, Elevation: 603 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 36.5 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.4% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.3%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.0%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=42 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	41.00	1270	1.37	42.5
Feb	67.20	1880	2.23	62.4
Mar	108.00	3350	3.72	115
Apr	139.00	4160	4.91	147
May	147.00	4560	5.31	165
Jun	151.00	4520	5.53	166
Jul	154.00	4760	5.69	176
Aug	135.00	4170	4.95	153
Sep	113.00	3380	4.04	121
Oct	78.00	2420	2.73	84.6
Nov	47.80	1430	1.63	48.9
Dec	34.70	1080	1.17	36.2
Year	101.00	3080	3.61	110
Total for year		37000		1320

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'27" North, 8°38'29" East, Elevation: 603 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 33.4 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.4% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.3%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.0%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=42 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	37.40	1160	1.37	42.5
Feb	61.40	1720	2.23	62.4
Mar	98.60	3060	3.72	115
Apr	127.00	3800	4.91	147
May	134.00	4160	5.31	165
Jun	137.00	4120	5.53	166
Jul	140.00	4350	5.69	176
Aug	123.00	3810	4.95	153
Sep	103.00	3080	4.04	121
Oct	71.20	2210	2.73	84.6
Nov	43.60	1310	1.63	48.9
Dec	31.70	981	1.17	36.2
Year	92.50	2810	3.61	110
Total for year		33800		1320

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'27" North, 8°38'29" East, Elevation: 603 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 33.4 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.3% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 5.1%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 24.3%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=-138 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	16.80	522	0.79	24.4
Feb	33.90	949	1.36	38.2
Mar	68.80	2130	2.65	82.0
Apr	102.00	3050	3.91	117
May	121.00	3760	4.71	146
Jun	129.00	3880	5.10	153
Jul	129.00	3990	5.13	159
Aug	102.00	3170	4.06	126
Sep	74.80	2240	2.96	88.8
Oct	43.60	1350	1.78	55.2
Nov	20.80	625	0.93	28.0
Dec	13.20	408	0.64	19.8
Year	71.40	2170	2.84	86.5
Total for year		26100		1040

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.



## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'27" North, 8°38'29" East, Elevation: 603 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 32.2 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.3% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 22.9%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=-2 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	39.00	1210	1.47	45.5
Feb	63.40	1770	2.37	66.4
Mar	99.90	3100	3.89	121
Apr	126.00	3770	5.05	151
May	131.00	4060	5.37	166
Jun	133.00	4000	5.56	167
Jul	136.00	4230	5.74	178
Aug	121.00	3760	5.06	157
Sep	103.00	3100	4.21	126
Oct	73.10	2270	2.89	89.6
Nov	45.60	1370	1.75	52.6
Dec	33.30	1030	1.26	39.0
Year	92.30	2810	3.73	113
Total for year		33700		1360

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m2)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.



## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'27" North, 8°38'29" East, Elevation: 603 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 26.4 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.4% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.9%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.5%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=90 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	21.80	675	1.07	33.3
Feb	38.50	1080	1.81	50.6
Mar	67.30	2080	3.22	99.7
Apr	91.40	2740	4.47	134
May	102.00	3150	5.05	157
Jun	106.00	3180	5.35	161
Jul	107.00	3310	5.45	169
Aug	89.90	2790	4.55	141
Sep	71.30	2140	3.54	106
Oct	46.30	1430	2.27	70.5
Nov	25.80	773	1.28	38.3
Dec	17.80	550	0.89	27.7
Year	65.50	1990	3.25	99.0
Total for year		23900		1190

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Performance of Grid-connected PV

### PVGIS estimates of solar electricity generation

Location: 47°13'27" North, 8°38'29" East, Elevation: 603 m a.s.l.,  
Solar radiation database used: PVGIS-CMSAF

Nominal power of the PV system: 26.4 kW (crystalline silicon)  
Estimated losses due to temperature and low irradiance: 7.2% (using local ambient temperature)  
Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.9%  
Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%  
Combined PV system losses: 23.3%

Fixed system: inclination=20 deg., orientation=-90 deg.				
Month	Ed	Em	Hd	Hm
Jan	21.20	658	1.05	32.7
Feb	38.00	1060	1.79	50.0
Mar	67.20	2080	3.20	99.3
Apr	91.20	2740	4.44	133
May	102.00	3150	5.04	156
Jun	106.00	3170	5.33	160
Jul	107.00	3310	5.44	169
Aug	89.80	2780	4.53	140
Sep	71.40	2140	3.53	106
Oct	46.10	1430	2.26	70.1
Nov	25.50	765	1.27	38.0
Dec	17.30	536	0.88	27.1
Year	65.30	1990	3.24	98.5
Total for year		23800		1180

Ed: Average daily electricity production from the given system (kWh)

Em: Average monthly electricity production from the given system (kWh)

Hd: Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

Hm: Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m<sup>2</sup>)

PVGIS (c) European Communities, 2001-2012

Reproduction is authorised, provided the source is acknowledged.

<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>

Disclaimer:

The European Commission maintains this website to enhance public access to information about its initiatives and European Union policies in general. However the Commission accepts no responsibility or liability whatsoever with regard to the information on this site.

This information is:

- of a general nature only and is not intended to address the specific circumstances of any particular individual or entity;
- not necessarily comprehensive, complete, accurate or up to date;
- not professional or legal advice (if you need specific advice, you should always consult a suitably qualified professional).

Some data or information on this site may have been created or structured in files or formats that are not error-free and we cannot guarantee that our service will not be interrupted or otherwise affected by such problems. The Commission accepts no responsibility with regard to such problems incurred as a result of using this site or any linked external sites.

## Anhang 6

Kostenaufstellung Pumpwerk Waisenhaus			
Zeitraum: 01.01.2016 - 19.12.2016			
Verbrauch (kWh)	HT	4 143	
	NT	85 842	
<b>Total Verbrauch (kWh)</b>			<b>89 985</b>
Energieförderung Naturstrom	HT	Fr. 0,0910	
basic (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0715	
Energieförderung	HT	Fr. 377,01	
(Betrag)	NT	Fr. 6 137,70	
<b>Total</b>		<b>Fr. 6 514,72</b>	
Bonus	HT	Fr. 30,16 8%	
	NT	Fr. 491,02 8%	
<b>Total</b>		<b>Fr. 521,18</b>	
<b>Total Energieförderung</b>			<b>Fr. 5 993,54</b>
Netznutzung	HT	Fr. 0,0960	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0375	
Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 397,73	
	NT	Fr. 3 219,08	
<b>Total</b>		<b>Fr. 3 616,80</b>	
Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 30,00	
S.-/Monat	NT	Fr. 30,00	
<b>Total</b>		<b>Fr. 60,00</b>	
Bonus (8%)	HT	Fr. 34,22 8%	
	NT	Fr. 259,93 8%	
<b>Total</b>		<b>Fr. 294,14</b>	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 0,0045	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0045	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 18,64	
(Betrag)	NT	Fr. 386,29	
<b>Total</b>		<b>Fr. 404,93</b>	
<b>Total Netznutzung</b>			<b>Fr. 3 787,59</b>
Bundesabgaben	HT	Fr. 0,0130	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0130	
Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 53,86	
	NT	Fr. 1 115,95	
<b>Total</b>		<b>Fr. 1 169,81</b>	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 0,0016	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0016	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 6,63	
(Betrag)	NT	Fr. 137,35	
<b>Total</b>		<b>Fr. 143,98</b>	
<b>Total Abgaben</b>			<b>Fr. 1 313,78</b>
Nettobetrag in CHF exkl.			
Mehrwertsteuer			<b>Fr. 11 094,91</b>
Nettobetrag in CHF inkl.			
Mehrwertsteuer 8%			<b>Fr. 11 982,50</b>
<b>Gesamtpreis [Rp./kWh]</b>			<b>13,32</b>

Kostenaufstellung Pumpwerk Waisenhaus			
Zeitraum: 2017			
Verbrauch (kWh)	HT	4 143	
	NT	85 842	
<b>Total Verbrauch (kWh)</b>			<b>89 985</b>
Energieförderung Naturstrom	HT	Fr. 0,0800	
basic (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0670	
Energieförderung	HT	Fr. 331,44	
(Betrag)	NT	Fr. 5 751,41	
<b>Total</b>		<b>Fr. 6 082,85</b>	
Bonus	HT	Fr. 26,52 8%	
	NT	Fr. 460,11 8%	
<b>Total</b>		<b>Fr. 486,63</b>	
<b>Total Energieförderung</b>			<b>Fr. 5 596,23</b>
Netznutzung	HT	Fr. 0,0870	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0375	
Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 360,44	
	NT	Fr. 3 219,08	
<b>Total</b>		<b>Fr. 3 579,52</b>	
Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 30,00	
S.-/Monat	NT	Fr. 30,00	
<b>Total</b>		<b>Fr. 60,00</b>	
Bonus (8%)	HT	Fr. 31,24 8%	
	NT	Fr. 259,93 8%	
<b>Total</b>		<b>Fr. 291,16</b>	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 0,0040	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0040	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 16,57	
(Betrag)	NT	Fr. 343,37	
<b>Total</b>		<b>Fr. 359,94</b>	
<b>Total Netznutzung</b>			<b>Fr. 3 708,29</b>
Bundesabgaben	HT	Fr. 0,0150	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0150	
Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 62,15	
	NT	Fr. 1 287,63	
<b>Total</b>		<b>Fr. 1 349,78</b>	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 0,0016	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0016	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 6,63	
(Betrag)	NT	Fr. 137,35	
<b>Total</b>		<b>Fr. 143,98</b>	
<b>Total Abgaben</b>			<b>Fr. 1 493,75</b>
Nettobetrag in CHF exkl.			
Mehrwertsteuer			<b>Fr. 10 798,27</b>
Nettobetrag in CHF inkl.			
Mehrwertsteuer 8%			<b>Fr. 11 662,13</b>
<b>Gesamtpreis [Rp./kWh]</b>			<b>12,96</b>

Abbildung 40: Kostenaufstellung Pumpwerk Waisenhaus für die Jahre 2016 & 2017 (EKZ Tarifsammlung, 2016) & (EKZ Tarifsammlung, 2017)

## Anhang 7

Kostenaufstellung Pumpwerk Gerenau					Kostenaufstellung Pumpwerk Gerenau				
Zeitraum: 01.01.2016 - 31.12.2016					Zeitraum: 2017				
Verbrauch (kWh)	HT	480			Verbrauch (kWh)	HT	480		
	NT	11 844	März			NT	11 844	März	
	HT	369				HT	369		
	NT	11 754	Juni			NT	11 754	Juni	
	HT	393				HT	393		
	NT	11 637	September			NT	11 637	September	
	HT	477				HT	477		
	NT	10 107	Dezember			NT	10 107	Dezember	
Total Verbrauch (kWh)		47 061			Total Verbrauch (kWh)		47 061		
Energielieferung Mixstrom	HT	Fr. 0,0810			Energielieferung Mixstrom	HT	Fr. 0,0700		
Gewerbe (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0615			Gewerbe (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0570		
Energielieferung	HT	Fr. 139,24			Energielieferung	HT	Fr. 120,33		
(Betrag)	NT	Fr. 2 788,53			(Betrag)	NT	Fr. 2 584,49		
Total		Fr. 2 927,77			Total		Fr. 2 704,82		
Bonus	HT	Fr. 11,14	8%		Bonus	HT	Fr. 9,63	8%	
	NT	Fr. 223,08	8%			NT	Fr. 206,76	8%	
Total		Fr. 234,22			Total		Fr. 216,39		
Total Energielieferung		Fr. 2 693,55			Total Energielieferung		Fr. 2 488,44		
Netznutzung (CHF/kWh)	HT	Fr. 0,0960			Netznutzung (CHF/kWh)	HT	Fr. 0,0870		
	NT	Fr. 0,0375				NT	Fr. 0,0375		
Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 165,02			Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 149,55		
	NT	Fr. 1 700,33				NT	Fr. 1 700,33		
Total		Fr. 1 865,35			Total		Fr. 1 849,88		
Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 30,00			Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 30,00		
5.-/Monat	NT	Fr. 30,00			5.-/Monat	NT	Fr. 30,00		
Total		Fr. 60,00			Total		Fr. 60,00		
Bonus (8%)	HT	Fr. 15,60	8%		Bonus (8%)	HT	Fr. 14,36	8%	
	NT	Fr. 138,43	8%			NT	Fr. 138,43	8%	
Total		Fr. 154,03			Total		Fr. 152,79		
Systemdienstleistungen (CHF/kWh)	HT	Fr. 0,0045			Systemdienstleistungen (CHF/kWh)	HT	Fr. 0,0040		
	NT	Fr. 0,0045				NT	Fr. 0,0040		
Systemdienstleistungen (Betrag)	HT	Fr. 7,74			Systemdienstleistungen (Betrag)	HT	Fr. 6,88		
	NT	Fr. 204,04				NT	Fr. 181,37		
Total		Fr. 211,77			Total		Fr. 188,24		
Total Netznutzung		Fr. 1 983,10			Total Netznutzung		Fr. 1 945,33		
Bundesabgaben (CHF/kWh)	HT	Fr. 0,0130			Bundesabgaben (CHF/kWh)	HT	Fr. 0,0150		
	NT	Fr. 0,0130				NT	Fr. 0,0150		
Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 22,35			Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 25,79		
	NT	Fr. 589,45				NT	Fr. 680,13		
Total		Fr. 611,79			Total		Fr. 705,92		
Förderung Energieeffizienz (CHF/kWh)	HT	Fr. 0,0016			Förderung Energieeffizienz (CHF/kWh)	HT	Fr. 0,0016		
	NT	Fr. 0,0016				NT	Fr. 0,0016		
Förderung Energieeffizienz (Betrag)	HT	Fr. 2,75			Förderung Energieeffizienz (Betrag)	HT	Fr. 2,75		
	NT	Fr. 72,55				NT	Fr. 72,55		
Total		Fr. 75,30			Total		Fr. 75,30		
Total Abgaben		Fr. 687,09			Total Abgaben		Fr. 781,21		
Nettobetrag in CHF exkl. Mehrwertsteuer		Fr. 5 363,74			Nettobetrag in CHF exkl. Mehrwertsteuer		Fr. 5 214,98		
Nettobetrag in CHF inkl. Mehrwertsteuer		Fr. 5 792,84			Nettobetrag in CHF inkl. Mehrwertsteuer		Fr. 5 632,18		
Gesamtpreis [Rp./kWh]		12,31			Gesamtpreis [Rp./kWh]		11,97		

Abbildung 41: Kostenaufstellung Pumpwerk Gerenau für die Jahre 2016 & 2017 (EKZ Tarifsammlung, 2016) & (EKZ Tarifsammlung, 2017)

## Anhang 8

Kostenaufstellung Pumpwerk Oedischwend			
Zeitraum: 01.01.2016 - 31.12.2016			
Hochtarif Wirkleistung (kW)	HT	288	
Verbrauch (kWh)	HT	177	
	NT	4 548	Januar
	HT	117	
	NT	3 322	Februar
	HT	123	
	NT	3 416	März
	HT	110	
	NT	3 154	April
	HT	113	
	NT	3 872	Mai
	HT	160	
	NT	3 723	Juni
	HT	167	
	NT	4 378	Juli
	HT	175	
	NT	4 195	August
	HT	149	
	NT	4 217	September
	HT	115	
	NT	4 060	Oktober
	HT	212	
	NT	5 231	November
	HT	104	
	NT	3 405	Dezember
Total Verbrauch (kWh)		49 243	
Energielieferung Naturstrom	HT	Fr. 0,0910	
basic Gewerbe (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0715	
Energielieferung	HT	Fr. 156,70	
(Betrag)	NT	Fr. 3 397,75	
Total		Fr. 3 554,45	
Bonus	HT	Fr. 12,54 8%	
	NT	Fr. 271,82 8%	
Total		Fr. 284,36	
Total Energielieferung		Fr. 3 270,10	
Hochtarif Wirkleistung		Fr. 3,05	
(CHF/kWh)			
Hochtarif Wirkleistung			
(Betrag)		Fr. 878,40	
Netznutzung	HT	Fr. 0,0690	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0240	
Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 118,82	
	NT	Fr. 1 140,50	
Total		Fr. 2 137,72	
Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 360,00	
60.-/Monat	NT	Fr. 360,00	
Total		Fr. 720,00	
Bonus (8%)	HT	Fr. 108,58 8%	
	NT	Fr. 120,04 8%	
Total		Fr. 228,62	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 0,0045	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0045	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 7,75	
(Betrag)	NT	Fr. 213,84	
Total		Fr. 221,59	
Total Netznutzung		Fr. 2 850,70	
Bundesabgaben	HT	Fr. 0,0130	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0130	
Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 22,39	
	NT	Fr. 617,77	
Total		Fr. 640,16	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 0,0016	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0016	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 2,76	
(Betrag)	NT	Fr. 76,03	
Total		Fr. 78,79	
Total Abgaben		Fr. 718,95	
Nettobetrag in CHF exkl. Mehrwertsteuer		Fr. 6 839,74	
Nettobetrag in CHF inkl. Mehrwertsteuer		8%	Fr. 7 386,92
Gesamtpreis [Rp./kWh]		15,00	

Kostenaufstellung Pumpwerk Oedischwend			
Zeitraum: 2017			
Hochtarif Wirkleistung (kW)	HT	288	
Verbrauch (kWh)	HT	177	
	NT	4 548	Januar
	HT	117	
	NT	3 322	Februar
	HT	123	
	NT	3 416	März
	HT	110	
	NT	3 154	April
	HT	113	
	NT	3 872	Mai
	HT	160	
	NT	3 723	Juni
	HT	167	
	NT	4 378	Juli
	HT	175	
	NT	4 195	August
	HT	149	
	NT	4 217	September
	HT	115	
	NT	4 060	Oktober
	HT	212	
	NT	5 231	November
	HT	104	
	NT	3 405	Dezember
Total Verbrauch (kWh)		49 243	
Energielieferung Naturstrom	HT	Fr. 0,0800	
basic Gewerbe (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0670	
Energielieferung	HT	Fr. 137,76	
(Betrag)	NT	Fr. 3 183,91	
Total		Fr. 3 321,67	
Bonus	HT	Fr. 11,02 8%	
	NT	Fr. 254,71 8%	
Total		Fr. 265,73	
Total Energielieferung		Fr. 3 055,93	
Hochtarif Wirkleistung		Fr. 3,05	
(CHF/kWh)			
Hochtarif Wirkleistung			
(Betrag)		Fr. 878,40	
Netznutzung	HT	Fr. 0,0620	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0240	
Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 106,76	
	NT	Fr. 1 140,50	
Total		Fr. 2 125,67	
Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 360,00	
60.-/Monat	NT	Fr. 360,00	
Total		Fr. 720,00	
Bonus (8%)	HT	Fr. 107,61 8%	
	NT	Fr. 120,04 8%	
Total		Fr. 227,65	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 0,0040	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0040	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 6,89	
(Betrag)	NT	Fr. 190,08	
Total		Fr. 196,97	
Total Netznutzung		Fr. 2 814,99	
Bundesabgaben	HT	Fr. 0,0150	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0150	
Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 25,83	
	NT	Fr. 712,82	
Total		Fr. 738,65	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 0,0016	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0016	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 2,76	
(Betrag)	NT	Fr. 76,03	
Total		Fr. 78,79	
Total Abgaben		Fr. 817,43	
Nettobetrag in CHF exkl. Mehrwertsteuer		Fr. 6 688,35	
Nettobetrag in CHF inkl. Mehrwertsteuer		8%	Fr. 7 223,42
Gesamtpreis [Rp./kWh]		14,67	

Abbildung 42: Kostenaufstellung Pumpwerk Oedischwend für die Jahre 2016 &amp; 2017 (EKZ Tarifsammlung, 2016) &amp; (EKZ Tarifsammlung, 2017)

Kostenaufstellung Pumpwerk Waisenhaus			
Zeitraum: 2017			
Verbrauch (kWh)	HT	4 143	
	NT	85 842	
Total Verbrauch (kWh)			89 985
Energielieferung naturstrom	HT	Fr. 0,1050	
star (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0920	
Energielieferung	HT	Fr. 435,02	
(Betrag)	NT	Fr. 7 897,46	
Total		Fr. 8 332,48	
Bonus	HT	Fr. 34,80 8%	
	NT	Fr. 631,80 8%	
Total		Fr. 666,60	
Total Energielieferung			Fr. 7 665,88
Netznutzung	HT	Fr. 0,0870	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0375	
Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 360,44	
	NT	Fr. 3 219,08	
Total		Fr. 3 579,52	
Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 30,00	
5.-/Monat	NT	Fr. 30,00	
Total		Fr. 60,00	
Bonus (8%)	HT	Fr. 31,24 8%	
	NT	Fr. 259,93 8%	
Total		Fr. 291,16	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 0,0040	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0040	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 16,57	
(Betrag)	NT	Fr. 343,37	
Total		Fr. 359,94	
Total Netznutzung			Fr. 3 708,29
Bundesabgaben	HT	Fr. 0,0150	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0150	
Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 62,15	
	NT	Fr. 1 287,63	
Total		Fr. 1 349,78	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 0,0016	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0016	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 6,63	
(Betrag)	NT	Fr. 137,35	
Total		Fr. 143,98	
Total Abgaben			Fr. 1 493,75
Nettobetrag in CHF exkl. Mehrwertsteuer			
			Fr. 12 867,93
Nettobetrag in CHF inkl. Mehrwertsteuer			
		8%	Fr. 13 897,36
Gesamtpreis [Rp./kWh]			15,44

Kostenaufstellung Pumpwerk Gerenau			
Zeitraum: 2017			
Verbrauch (kWh)	HT	480	
	NT	11 844	März
	HT	369	
	NT	11 754	Juni
	HT	393	
	NT	11 637	September
	HT	477	
	NT	10 107	Dezember
Total Verbrauch (kWh)			47 061
Energielieferung naturstrom	HT	Fr. 0,1050	
star Gewerbe (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0920	
Energielieferung	HT	Fr. 180,50	
(Betrag)	NT	Fr. 4 171,46	
Total		Fr. 4 351,96	
Bonus	HT	Fr. 14,44 8%	
	NT	Fr. 333,72 8%	
Total		Fr. 348,16	
Total Energielieferung			Fr. 4 003,80
Netznutzung	HT	Fr. 0,0870	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0375	
Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 149,55	
	NT	Fr. 1 700,33	
Total		Fr. 1 849,88	
Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 30,00	
5.-/Monat	NT	Fr. 30,00	
Total		Fr. 60,00	
Bonus (8%)	HT	Fr. 14,36 8%	
	NT	Fr. 138,43 8%	
Total		Fr. 152,79	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 0,0040	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0040	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 6,88	
(Betrag)	NT	Fr. 181,37	
Total		Fr. 188,24	
Total Netznutzung			Fr. 1 945,33
Bundesabgaben	HT	Fr. 0,0150	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0150	
Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 25,79	
	NT	Fr. 680,13	
Total		Fr. 705,92	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 0,0016	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0016	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 2,75	
(Betrag)	NT	Fr. 72,55	
Total		Fr. 75,30	
Total Abgaben			Fr. 781,21
Nettobetrag in CHF exkl. Mehrwertsteuer			
			Fr. 6 730,35
Nettobetrag in CHF inkl. Mehrwertsteuer			
		8%	Fr. 7 268,77
Gesamtpreis [Rp./kWh]			15,45

Kostenaufstellung Pumpwerk Oedischwend			
Zeitraum: 2017			
Hochtarif Wirkleistung (kW)	HT	288	
Verbrauch (kWh)	HT	177	
	NT	4 548	Januar
	HT	117	
	NT	3 322	Februar
	HT	123	
	NT	3 436	März
	HT	110	
	NT	3 154	April
	HT	113	
	NT	3 872	Mai
	HT	160	
	NT	3 723	Juni
	HT	167	
	NT	4 378	Juli
	HT	175	
	NT	4 195	August
	HT	149	
	NT	4 217	September
	HT	115	
	NT	4 060	Oktober
	HT	212	
	NT	5 231	November
	HT	104	
	NT	3 405	Dezember
Total Verbrauch (kWh)			49 243
Energielieferung naturstrom	HT	Fr. 0,1050	
star Gewerbe (CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0920	
Energielieferung	HT	Fr. 180,81	
(Betrag)	NT	Fr. 4 371,93	
Total		Fr. 4 552,74	
Bonus	HT	Fr. 14,46 8%	
	NT	Fr. 349,75 8%	
Total		Fr. 364,22	
Total Energielieferung			Fr. 4 188,52
Hochtarif Wirkleistung (CHF/kWh)		Fr. 3,05	
Hochtarif Wirkleistung (Betrag)		Fr. 878,40	
Netznutzung	HT	Fr. 0,0620	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0240	
Netznutzung (Betrag)	HT	Fr. 106,76	
	NT	Fr. 1 140,50	
Total		Fr. 1 247,26	
Netznutzung (Grundpreis)	HT	Fr. 360,00	
60.-/Monat	NT	Fr. 360,00	
Total		Fr. 720,00	
Bonus (8%)	HT	Fr. 107,61 8%	
	NT	Fr. 120,04 8%	
Total		Fr. 227,65	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 0,0040	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0040	
Systemdienstleistungen	HT	Fr. 6,89	
(Betrag)	NT	Fr. 190,08	
Total		Fr. 196,97	
Total Netznutzung			Fr. 2 814,99
Bundesabgaben	HT	Fr. 0,0150	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0150	
Bundesabgaben (Betrag)	HT	Fr. 25,83	
	NT	Fr. 712,82	
Total		Fr. 738,65	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 0,0016	
(CHF/kWh)	NT	Fr. 0,0016	
Förderung Energieeffizienz	HT	Fr. 2,76	
(Betrag)	NT	Fr. 76,03	
Total		Fr. 78,79	
Total Abgaben			Fr. 817,43
Nettobetrag in CHF exkl. Mehrwertsteuer			
			Fr. 7 820,94
Nettobetrag in CHF inkl. Mehrwertsteuer			
		8%	Fr. 8 446,62
Gesamtpreis [Rp./kWh]			17,15

Abbildung 43: Kostenaufstellung aller Pumpwerke mit naturmade star Tarifen (EKZ Tarifsammlung, 2016) &amp; (EKZ Tarifsammlung, 2017)

## Anhang 9

# LG MonoX<sup>®</sup> 2

## LG MonoX<sup>®</sup> 2 – EINE NEUE KLASSE FÜR SICH

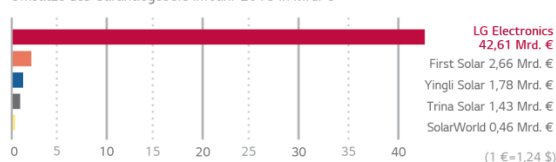
Die nächste Generation LG MonoX<sup>®</sup> 2 vereint alles, was ein Solarmodul mit sich bringen muss: hohe Lebensdauer und leichte Handhabung in Kombination mit einem eleganten Äußeren und hoher Effizienz.

### LOKALER GARANTIEGEBER, GLOBAL ABGESICHERT

LG Solar gehört zu LG Electronics – und ist damit Teil eines globalen, finanzstarken Unternehmens mit über 50 Jahren Tradition und Erfahrung.

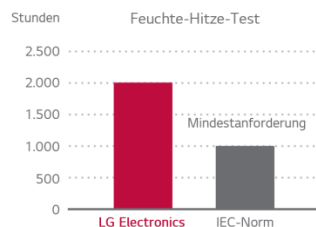
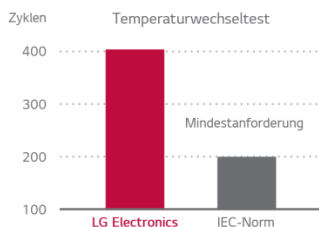
**Gut zu wissen:** LG Electronics ist der Garantiegeber Ihrer Solarmodule.

Umsätze des Garantiegebers im Jahr 2013 in Mrd. €



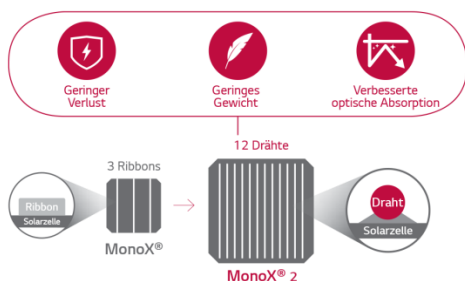
### AUSGEZEICHNETE QUALITÄT, UNABHÄNGIG GETESTET

Auf LG können Sie sich verlassen. Wir testen unsere neuen Produkte viermal so intensiv, wie von der IEC-Norm vorgeschrieben. Diese Qualität wird weltweit von Installateuren geschätzt. Deswegen haben sie unsere LG Solarmodule bereits zum dritten Mal in Folge mit dem „TOP BRAND PV“-Gütesiegel für höchste Weiterempfehlungsquoten ausgezeichnet. Ebenso wurde ihnen bereits der renommierte Intersolar Award sowie der Plus X Award, einer der größten Innovationspreise für Technologie, Sport und Lifestyle, verliehen.



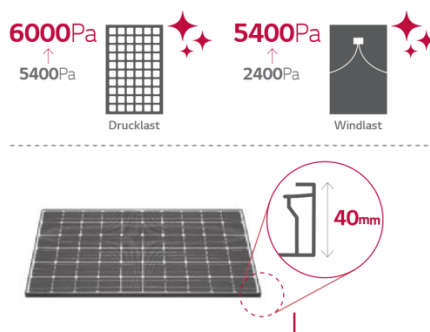
### CELLO TECHNOLOGIE

**C**ell Connection  
**E**lectrically  
**L**ow Loss  
**L**ow Stress  
**O**ptical Absorption Enhancement



### RAHMEN- UND MODULDESIGN

LG MonoX<sup>®</sup> 2 hält einem Druck von mindestens 6.000 Pa und einer Windlast von mindestens 5.400 Pa Stand.



PRODUKTGARANTIE **12 Jahre**



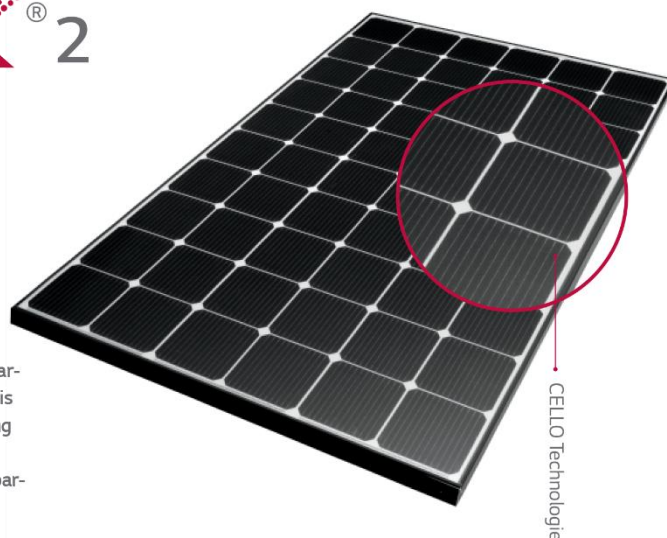
LG MonoX<sup>®</sup> 2

LG MonoX<sup>®</sup> 2

LG290S1C-L4 | LG285S1C-L4  
LG280S1C-L4

## 60 Zellen

LG MonoX<sup>®</sup> 2 ist ein hochwertiges monokristallines Solar-  
modul von LG Electronics. Seine Qualität ist das Ergebnis  
unserer außerordentlichen Bemühungen zur Entwicklung  
eines Solarmoduls, das den Kunden noch mehr Nutzen  
bringt. Wichtige Merkmale von LG MonoX<sup>®</sup> 2 sind Haltbar-  
keit, einfache Montage und ansprechendes Aussehen.



### HAUPTMERKMALE



#### Erweiterte Leistungsgarantie

LG MonoX<sup>®</sup> 2 hat eine erweiterte Leistungs-  
garantie. Die Anfangsdegradation der Zellen  
wurde von -3 % auf -2 % verbessert und die  
jährliche Degradationsrate von -0,7 %/Jahr  
auf -0,6 %/Jahr gesenkt.



#### Verbesserte Produktgarantie

Neben der erweiterten Leistungsgarantie  
hat LG auch die Produktgarantie für  
LG MonoX<sup>®</sup> 2 Module um weitere 2 Jahre  
auf 12 Jahre verlängert.



#### Außerordentliche Haltbarkeit

Durch eine neue und verstärkte Rahmen-  
konstruktion, halten LG MonoX<sup>®</sup> 2 Module  
einem Druck von bis zu 6000 Pa und einem  
Sog von bis zu 5400 Pa stand.



#### Verringerte LID

Bei LG MonoX<sup>®</sup> 2 wurde mithilfe der neuen LiLY  
(LID-improvement for Lifetime Yield)-Technologie  
von LG die Anfangsdegradation der Solarzellen  
verringert. LiLY steuert die Reaktion von Bor und  
Sauerstoff, den Hauptfaktoren der LID (Light  
Induced Degradation).



#### Schönes Dach

Bei der Entwicklung von LG MonoX<sup>®</sup> 2 wurde  
auch auf die Ästhetik geachtet. Die dünneren  
Sammeldrähte erscheinen aus der Entfernung  
vollkommen schwarz. Das Produkt kann dank  
seines modernen Designs den Wert eines  
Gebäudes erhöhen.



#### Leicht und unkompliziert

LG MonoX<sup>®</sup> 2 wurde sorgfältig konstruiert,  
wiegt nur 17 kg und kann durch eine bessere  
Griffigkeit schnell montiert werden.

#### Über LG Electronics

LG ist ein global agierender Konzern, der seine Aktivitäten im Solarmarkt engagiert ausbaut. Das Unternehmen hat im Jahr 1985 erstmals ein Forschungsprogramm für Solarenergie aufgelegt, bei dem die umfangreichen Erfahrungen von LG in den Bereichen Halbleiter, LCD, Chemie und Werkstoffherstellung sehr hilfreich waren. 2010 hat LG Solar seine erste MonoX<sup>®</sup> Serie, die heute in 32 Ländern erhältlich ist, erfolgreich auf den Markt gebracht. 2013 wurde NeON™ (vormals MonoX<sup>®</sup> NeON) mit dem „Intersolar Award“ ausgezeichnet, was LGS Branchenführerschaft, Innovationskraft und Engagement demonstriert.



LG290S1C-L4.AVA | LG285S1C-L4.AVA | LG280S1C-L4.AVA

**LG Mono<sup>®</sup> X<sup>2</sup>**

### Mechanische Eigenschaften

Zellen	6 x 10
Zellhersteller	LG
Zellentyp	monokristallin / Typ P
Zellenabmessungen	156,75 x 156,75 mm
Sammelbalken	12
Abmessungen (L x B x H)	1640 x 1000 x 40 mm
Maximale Belastbarkeit	6000 Pa (Druck) 5400 Pa (Sog)
Gewicht	17,0 ± 0,5 kg
Steckverbinder, Typ	MC4, IP67
Anschlussdose	IP67 mit 3 Bypass-Dioden
Anschlusskabel, Länge	2 x 1000 mm
Vorderseitenabdeckung	hochtransparentes gehärtetes Glas
Rahmen	eloxiertes Aluminium

### Zertifizierungen und Garantien

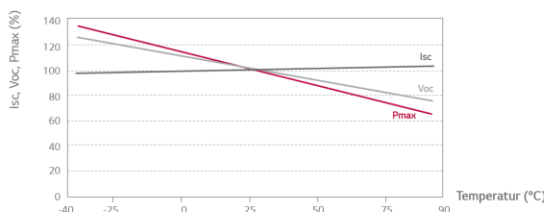
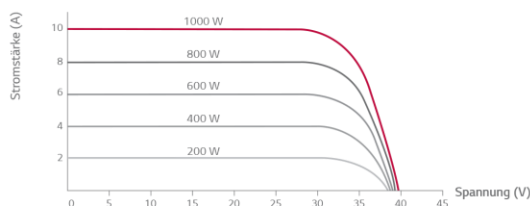
Zertifizierungen	IEC 61215, IEC 61730-1/-2 IEC 62716 (Ammoniakprüfung) IEC 61701 (Salznebelkorrosionsprüfung)
Brandverhalten der Module	Klasse C, Fire Class 1 (Italien)
Produktgarantie	12 Jahre
Leistungsgarantie Pmax (Messtoleranz ±3%)	25 Jahre lineare Garantie <sup>1</sup>

<sup>1</sup>) im ersten Jahr: 98%, 2) ab dem zweiten Jahr: 0,6% Degradation jährlich, 3) 83,6% im 25. Jahr

### Temperaturkoeffizienten

NOCT	46 ± 3°C
Pmpp	-0,39%/°C
Voc	-0,30%/°C
Isc	0,05%/°C

### Kennlinien



### Elektrische Eigenschaften (STC<sup>2</sup>)

	290 W	285 W	280 W
MPP-Spannung Umpp (V)	31,9	31,7	31,5
MPP-Strom Impp (A)	9,10	9,00	8,90
Leerlaufspannung Uoc (V)	39,0	38,8	38,6
Kurzschlussstrom Isc (A)	9,61	9,50	9,39
Modulwirkungsgrad (%)	17,7	17,4	17,1
Betriebstemperatur (°C)	-40 bis +90		
Maximale Systemspannung (V)	1000		
Nennstrom für die Seriensicherung (A)	15		
Leistungstoleranz (%)	0 bis +3		

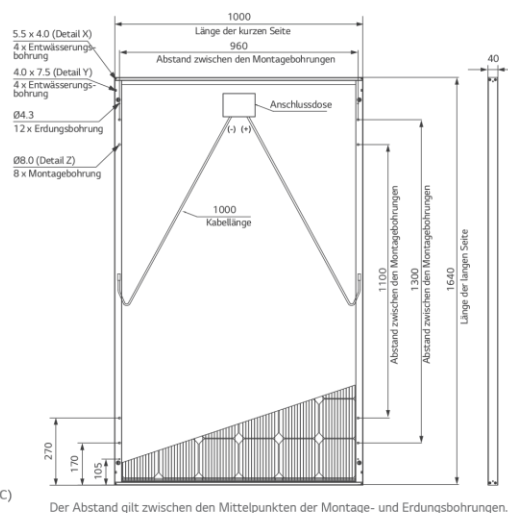
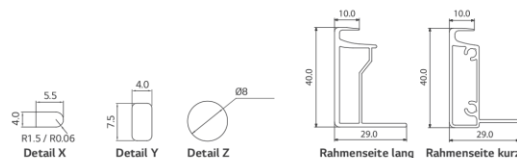
<sup>1</sup>) STC (Standard Test Condition): Einstrahlung 1000 W/m<sup>2</sup>, Modultemperatur 25°C, AM 1,5.  
<sup>2</sup>) Die typische Änderung des Wirkungsgrades des Moduls bei 200 W/m<sup>2</sup> im Verhältnis zu 1000 W/m<sup>2</sup> beträgt -4,5%.  
<sup>3</sup>) Anwendungsklasse: A, Schutzklasse: II  
<sup>4</sup>) LG Electronics übernimmt keine Gewähr für die Genauigkeit der elektrischen Daten.

### Elektrische Eigenschaften (NOCT<sup>3</sup>)

	290 W	285 W	280 W
Maximale Leistung Pmax (W)	211	207	204
MPP-Spannung Umpp (V)	29,1	28,9	28,7
MPP-Strom Impp (A)	7,25	7,17	7,09
Leerlaufspannung Uoc (V)	35,9	35,7	35,5
Kurzschlussstrom Isc (A)	7,74	7,65	7,56

<sup>1</sup>) NOCT (Nennbetriebstemperatur der Solarzelle): Einstrahlung 800 W/m<sup>2</sup>, Umgebungstemperatur 20°C, Windgeschwindigkeit 1 m/s

### Abmessungen (mm)



Der Abstand gilt zwischen den Mittelpunkten der Montage- und Erdungsbohrungen.



LG Electronics Deutschland GmbH  
EU Solar Business Group  
Berliner Straße 93  
40880 Ratingen, Deutschland  
E-Mail: solar@lge.de  
www.lg-solar.com/de

Alle Angaben dieses Datenblatts entsprechen DIN EN 50380.  
Änderungen und Irrtümer vorbehalten.  
Stand: 03/2016  
Dokument: DS-S1C-L4-DE-201603

Copyright © 2016 LG Electronics. Alle Rechte vorbehalten.



## Anhang 10

### SUNNY TRIPOWER 5000TL – 12000TL



#### Wirtschaftlich

- Maximaler Wirkungsgrad von 98,3 %
- Verschattungsmanagement durch OptiTrac Global Peak
- Aktives Temperaturmanagement durch OptiCool

#### Flexibel

- DC-Eingangsspannung bis 1.000 V
- Integrierte Netzmanagementfunktionen
- Blindleistungseinspeisung
- Modulgenaue Anlagenauslegung durch Optiflex

#### Kommunikativ

- SMA Webconnect
- Kommunikation mit Sunny Portal
- SMA- und SunSpec-Modbus Kommunikation
- Einfache Ländereinstellung
- Multifunktionsrelais serienmäßig

#### Einfach

- Dreiphasige Einspeisung
- Werkzeugloser Kabelanschluss
- DC-Stecksystem SUNCLIX
- Integrierter DC-Lasttrennschalter ESS
- Einfache Wandmontage

## SUNNY TRIPOWER 5000TL – 12000TL

Der Dreiphasige – nicht nur für's Eigenheim

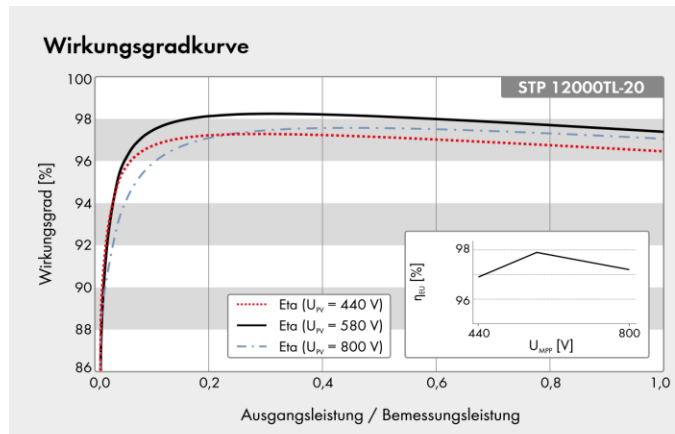
Sondern optimal geeignet für den Anlagenaufbau von der klassischen Hausdachanlage bis in den höheren Leistungsbereich: Denn die Sunny Tripower-Produktreihe deckt mit den Portfolioerweiterungen durch die neue 10 kVA- und 12 kVA-Versionen ein breites Anwendungsspektrum ab: Anwender profitieren von zahlreichen praxiserprobten Produktfeatures: Hochflexibel durch die bewährte Optiflex-Technologie und den asymmetrischen Multistring sorgt er mit einem Spitzenwirkungsgrad und OptiTrac Global Peak für höchste Erträge. Serienmäßig enthalten ist neben der SMA- und SunSpec-Modbus Kommunikation auch die direkte Verbindung zu Sunny Portal durch SMA Webconnect. Standard sind außerdem integrierte Netzmanagementfunktionen, Blindleistungseinspeisung und die Eignung für den Betrieb mit einem 30 mA RCD. Fazit: Geht es um den Anlagenaufbau in den Leistungsklassen von 5 kW bis 12 kW, ist der Sunny Tripower die optimale Produktlösung - von der Eigenheimanwendung über größere Aufdachanlagen bis zur Realisierung von kleineren Solarparks.

## SUNNY TRIPOWER

5000TL / 6000TL / 7000TL / 8000TL / 9000TL / 10000TL / 12000TL

Technische Daten	Sunny Tripower 5000TL	Sunny Tripower 6000TL
<b>Eingang (DC)</b>		
Max. Generatorleistung	9000 Wp	9000 Wp
Max. Eingangsspannung	1000 V	1000 V
MPP-Spannungsbereich / Bemessungseingangsspannung	245 V bis 800 V / 580 V	295 V bis 800 V / 580 V
Min. Eingangsspannung / Start-Eingangsspannung	150 V / 188 V	150 V / 188 V
Max. Eingangsstrom Eingang A / Eingang B	11 A / 10 A	11 A / 10 A
Max. Kurzschlussstrom Eingang A / Eingang B	17 A / 15 A	17 A / 15 A
Anzahl der unabhängigen MPP-Eingänge / Strings pro MPP-Eingang	2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2
<b>Ausgang (AC)</b>		
Bemessungsleistung (bei 230 V, 50 Hz)	5000 W	6000 W
Max. AC-Scheinleistung	5000 VA	6000 VA
AC-Nennspannung	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 220 / 380 V 3 / N / PE; 230 / 400 V 3 / N / PE; 240 / 415 V
AC-Nennspannungsbereich	160 V bis 280 V	160 V bis 280 V
AC-Netzfrequenz / Bereich	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz bis +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz bis +5 Hz
Bemessungsnetzfrequenz / Bemessungsnetzspannung	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
Max. Ausgangsstrom	7,3 A	8,7 A
Leistungsfaktor bei Bemessungsleistung	1	1
Verschiebungsfaktor einstellbar	0,8 übererregt bis 0,8 untererregt	0,8 übererregt bis 0,8 untererregt
Einspeisephase / Anschlussphasen	3 / 3	3 / 3
<b>Wirkungsgrad</b>		
Max. Wirkungsgrad / Europ. Wirkungsgrad	98 % / 97,1 %	98 % / 97,4 %
<b>Schutzeinrichtungen</b>		
Eingangsseitige Freischaltstelle	•	•
Erdschlussüberwachung / Netzüberwachung	• / •	• / •
DC-Verpolungsschutz / AC-Kurzschlussfestigkeit / Galvanisch getrennt	• / • / -	• / • / -
Allstromsensitive Fehlerstrom-Überwachungseinheit	•	•
Schutzklasse (nach IEC 62103) / Überspannungskategorie (nach IEC 60664-1)	I / III	I / III
<b>Allgemeine Daten</b>		
Maße (B / H / T)	470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)	470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)
Gewicht	37 kg (81,6 lb)	37 kg (81,6 lb)
Betriebstemperaturbereich	-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)	-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)
Geräuschemission, typisch	40 dB(A)	40 dB(A)
Eigenverbrauch (Nacht)	1 W	1 W
Topologie / Kühlprinzip	Transformatorlos / OptiCool	Transformatorlos / OptiCool
Schutzart (nach IEC 60529)	IP65	IP65
Klimaklasse (nach IEC 60721-3-4)	4K4H	4K4H
Zulässiger Maximalwert für die relative Feuchte (nicht kondensierend)	100 %	100 %
<b>Ausstattung</b>		
DC-Anschluss / AC-Anschluss	SUNCLIX / Federzugklemme	SUNCLIX / Federzugklemme
Display	Grafik	Grafik
Schnittstelle: RS485, Modbus, Speedwire/Webconnect	○ / ● / ●	○ / ● / ●
Multifunktionsrelais / Power Control Module	● / ○	● / ○
Garantie: 5 / 10 / 15 / 20 Jahre	● / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○
Zertifikate und Zulassungen (weitere auf Anfrage)	AS 4777.2:2015, CE, CEI 0-21:2016, C10/11:2012, DIN EN 62109-1, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, G83/2, IEC 61727/MEA <sup>2</sup> , IEC 62109-2, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD 661/2007, RD 1699:2011, SI 4777, UTE C15-712-1, VDE0126-1-1, VDE AR-N 4105, VFR 2013, VFR 2014	
Typenbezeichnung	STP 5000TL-20	STP 6000TL-20

Sunny Tripower 7000TL	Sunny Tripower 8000TL	Sunny Tripower 9000TL
13500 Wp	13500 Wp	13500 Wp
1000 V	1000 V	1000 V
290 V bis 800 V / 580 V	330 V bis 800 V / 580 V	370 V bis 800 V / 580 V
150 V / 188 V	150 V / 188 V	150 V / 188 V
15 A / 10 A	15 A / 10 A	15 A / 10 A
25 A / 15 A	25 A / 15 A	25 A / 15 A
2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2
7000 W	8000 W	9000 W
7000 VA	8000 VA	9000 VA
3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V
3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V
3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V
160 V bis 280 V	160 V bis 280 V	160 V bis 280 V
50 Hz, 60 Hz / -5 Hz bis +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz bis +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz bis +5 Hz
50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V
10,2 A	11,6 A	13,1 A
1	1	1
0,8 übererregt bis 0,8 untererregt	0,8 übererregt bis 0,8 untererregt	0,8 übererregt bis 0,8 untererregt
3 / 3	3 / 3	3 / 3
98 % / 97,5 %	98 % / 97,6 %	98 % / 97,6 %
•	•	•
• / •	• / •	• / •
• / • / –	• / • / –	• / • / –
•	•	•
I / III	I / III	I / III
470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)	470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)	470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)
37 kg (81,6 lb)	37 kg (81,6 lb)	37 kg (81,6 lb)
-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)	-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)	-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)
40 dB(A)	40 dB(A)	40 dB(A)
1 W	1 W	1 W
Transformatorlos / OptiCool	Transformatorlos / OptiCool	Transformatorlos / OptiCool
IP65	IP65	IP65
4K4H	4K4H	4K4H
100 %	100 %	100 %
SUNCLIX / Federzugklemme	SUNCLIX / Federzugklemme	SUNCLIX / Federzugklemme
Grafik	Grafik	Grafik
○ / ● / ●	○ / ● / ●	○ / ● / ●
● / ○	● / ○	● / ○
● / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○
AS 4777.2:2015, CE, CEI 0-21:2016, C10/11:2012, DIN EN 62109-1, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, G83/2, IEC 61727/MEA <sup>2</sup> , IEC 62109-2, NEN EN 50438, NRS 0972-1, PPC, PPDS, RD 661/2007, RD 1699:2011, SI 4777, UTE C 15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE AR-N 4105, VFR 2013, VFR 2014		
STP 7000TL-20	STP 8000TL-20	STP 9000TL-20



### Zubehör



Power Control Module  
PWCBRD-10



Schnittstelle RS485  
485BRD-10

<sup>1</sup> Gilt nicht für alle nationalen Anhänge der EN 50438

<sup>2</sup> Nur STP 9000TL-20

● Serienausstattung ○ Optional – Nicht verfügbar  
Vorläufige Angaben, Stand Mai 2017  
Angaben bei Nennbedingungen

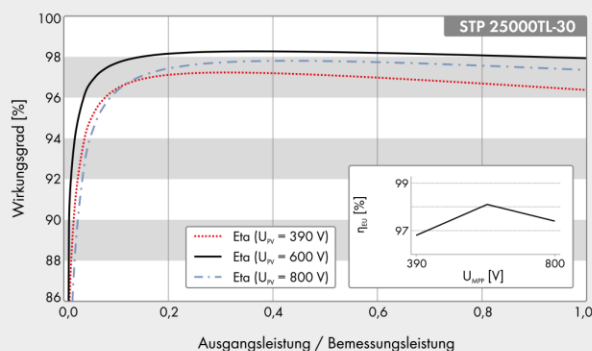
Sunny Tripower 10000TL	Sunny Tripower 12000TL	
13500 W <sub>p</sub>	18000 W <sub>p</sub>	
1000 V	1000 V	
370 V bis 800 V / 580 V	440 V bis 800 V / 580 V	
150 V / 188 V	150 V / 188 V	
18 A / 10 A	18 A / 10 A	
25 A / 15 A	25 A / 15 A	
2 / A:2; B:2	2 / A:2; B:2	
10000 W	12000 W	
10000 VA	12000 VA	
3 / N / PE; 220 / 380 V	3 / N / PE; 220 / 380 V	
3 / N / PE; 230 / 400 V	3 / N / PE; 230 / 400 V	
3 / N / PE; 240 / 415 V	3 / N / PE; 240 / 415 V	
160 V bis 280 V	160 V bis 280 V	
50 Hz, 60 Hz / -5 Hz bis +5 Hz	50 Hz, 60 Hz / -5 Hz bis +5 Hz	
50 Hz / 230 V	50 Hz / 230 V	
14,5 A	17,4 A	
1	1	
0,8 übererregt bis 0,8 untererregt	0,8 übererregt bis 0,8 untererregt	
3 / 3	3 / 3	
98 % / 97,6 %	98,3 % / 97,9 %	
● ● / ● ● / ● / – ●	● ● / ● ● / ● / – ●	
I / III	I / III	
470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)	470 / 730 / 240 mm (18,5 / 28,7 / 9,5 inch)	
37 kg (81,6 lb)	38 kg / 84 lbs	
-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)	-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)	
40 dB(A)	40 dB(A)	
1 W	1 W	
Transformatorlos / OptiCool	Transformatorlos / OptiCool	
IP65	IP65	
4K4H	4K4H	
100 %	100 %	
SUNCLIX / Federzugklemme	SUNCLIX / Federzugklemme	
Grafik	Grafik	
○ / ● / ●	○ / ● / ●	
● / ○	● / ○	
● / ○ / ○ / ○	● / ○ / ○ / ○	
AS 4777:2:2015, CE, CEI 0-21:2016, C10/11:2012, DIN EN 62109-1, EN 50438 <sup>1</sup> , G59/3, G83/2, IEC 61727/MEA <sup>2</sup> , IEC 62109-2, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PPC, PPDS, RD 661/2007, RD 1699:2011, SI 4777, UTE C15-712-1, VDE0126-1-1, VDE AR-N 4105, VFR 2013, VFR 2014		
STP 10000TL-20	STP 12000TL-20	

## SUNNY TRIPOWER

### 15000TL / 20000TL / 25000TL

Technische Daten	Sunny Tripower 15000TL
<b>Eingang (DC)</b>	
Max. DC-Leistung (bei $\cos \varphi = 1$ ) / Bemessungsleistung (DC)	15330 W / 15330 W
Max. Eingangsspannung	1000 V
MPP-Spannungsbereich / Bemessungseingangsspannung	240 V bis 800 V / 600 V
Min. Eingangsspannung / Start-Eingangsspannung	150 V / 188 V
Max. Eingangsstrom Eingang A / Eingang B	33 A / 33 A
Anzahl der unabhängigen MPP-Eingänge / Strings pro MPP-Eingang	2 / A:3; B:3
<b>Ausgang (AC)</b>	
Bemessungsleistung (bei 230 V, 50 Hz)	15000 W
Max. AC-Scheinleistung	15000 VA
AC-Nennspannung	3 / N / PE; 220 V / 380 V 3 / N / PE; 230 V / 400 V 3 / N / PE; 240 V / 415 V
AC-Spannungsbereich	180 V bis 280 V
AC-Netzfrequenz / Bereich	50 Hz / 44 Hz bis 55 Hz 60 Hz / 54 Hz bis 65 Hz
Bemessungsnetzfrequenz / Bemessungsnetzspannung	50 Hz / 230 V
Max. Ausgangsstrom / Bemessungsausgangsstrom	29 A / 21,7 A
Leistungsfaktor bei Bemessungsleistung / Verschiebungsfaktor einstellbar	1 / 0 überregt bis 0 unterregt
THD	$\leq 3\%$
Einspeisephasen / Anschlussphasen	3 / 3
<b>Wirkungsgrad</b>	
Max. Wirkungsgrad / Europ. Wirkungsgrad	98,4 % / 98,0 %
<b>Schutzeinrichtungen</b>	
Eingangsseitige Freischaltstelle	•
Erdschlussüberwachung / Netzüberwachung	• / •
Integrierbarer DC-Überspannungsableiter Typ II	○
DC-Verpolungsschutz / AC-Kurzschlussfestigkeit / Galvanisch getrennt	• / • / –
Allstromsensitive Fehlerstromüberwachungseinheit	•
Schutzklasse (nach IEC 62109-1) / Überspannungskategorie (nach IEC 62109-1)	I / AC: III; DC: II
<b>Allgemeine Daten</b>	
Maße (B / H / T)	661 / 682 / 264 mm (26,0 / 26,9 / 10,4 inch)
Gewicht	61 kg (134,48 lb)
Betriebstemperaturbereich	-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)
Geräuschemission, typisch	51 dB(A)
Eigenverbrauch (Nacht)	1 W
Topologie / Kühlprinzip	Transformatorlos / OptiCool
Schutzart (nach IEC 60529)	IP65
Klimaklasse (nach IEC 60721-3-4)	4K4H
Zulässiger Maximalwert für die relative Feuchte (nicht kondensierend)	100 %
<b>Ausstattung / Funktion / Zubehör</b>	
DC-Anschluss / AC-Anschluss	SUNCLIX / Federzugklemme
Display	○
Schnittstelle: RS485, Speedwire/Webconnect	○ / •
Datenschnittstelle: SMA Modbus / SunSpec Modbus	• / •
Multifunktionsrelais / Power Control Module	○ / ○
OptiTrack Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7	• / • / •
Off-Grid fähig / SMA Fuel Save Controller kompatibel	• / •
Garantie: 5 / 10 / 15 / 20 Jahre	• / ○ / ○ / ○
Geplante Zertifikate und Zulassungen	ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, NBR 16149, NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7-2013, SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014
* Gilt nicht für alle nationalen Anhänge der EN 50438	
Typenbezeichnung	STP 15000TL-30

## Wirkungsgradkurve



## Zubehör

RS485-Schnittstelle  
DM-485CB-10Power Control Module  
PWCMOD-10DC-Überspannungsableiter  
Typ II, Eingang A und B  
DCSPD KIT3-10Multifunktionsrelais  
MFR01-10

● Serienausstattung ○ Optional – Nicht verfügbar  
Angaben bei Nennbedingungen  
Stand Mai 2016

## Technische Daten

## Eingang (DC)

Max. DC-Leistung (bei $\cos \varphi = 1$ ) / Bemessungsleistung (DC)
Max. Eingangsspannung
MPP-Spannungsbereich / Bemessungseingangsspannung
Min. Eingangsspannung / Start-Eingangsspannung
Max. Eingangsstrom Eingang A / Eingang B
Anzahl der unabhängigen MPP-Eingänge / Strings pro MPP-Eingang

## Ausgang (AC)

Bemessungsleistung (bei 230 V, 50 Hz)
Max. AC-Scheinleistung
AC-Nennspannung
AC-Spannungsbereich
AC-Netzfrequenz / Bereich
Bemessungsnetzfrequenz / Bemessungsnetzspannung
Max. Ausgangsstrom / Bemessungsausgangsstrom
Leistungsfaktor bei Bemessungsleistung / Verschiebungsfaktor einstellbar
THD
Einspeisephase / Anschlussphasen

## Wirkungsgrad

Max. Wirkungsgrad / Europ. Wirkungsgrad
---

## Schutzeinrichtungen

Eingangsseitige Freischaltstelle
Erdschlussüberwachung / Netzüberwachung
Integrierbarer DC-Überspannungsableiter Typ II
DC-Verpolungsschutz / AC-Kurzschlussfestigkeit / Galvanisch getrennt
Allstromsensitive Fehlerstromüberwachungseinheit
Schutzklasse (nach IEC 62109-1) / Überspannungskategorie (nach IEC 62109-1)

## Allgemeine Daten

Maße (B / H / T)
Gewicht
Betriebstemperaturbereich
Geräuschemission, typisch
Eigenverbrauch (Nacht)
Topologie / Kühlprinzip
Schutzart (nach IEC 60529)
Klimaklasse (nach IEC 60721-3-4)
Zulässiger Maximalwert für die relative Feuchte (nicht kondensierend)

## Ausstattung / Funktion / Zubehör

DC-Anschluss / AC-Anschluss
Display
Schnittstelle: RS485, Speedwire/Webconnect
Datenschnittstelle: SMA Modbus / SunSpec Modbus
Multifunktionsrelais / Power Control Module
OptiTrack Global Peak / Integrated Plant Control / Q on Demand 24/7
Off-Grid fähig / SMA Fuel Save Controller kompatibel
Garantie: 5 / 10 / 15 / 20 Jahre
Zertifikate und Zulassungen (weitere auf Anfrage)

\* Gilt nicht für alle nationalen Anhänge der EN 50438

Sunny Tripower  
20000TLSunny Tripower  
25000TL

20440 W / 20440 W	25550 W / 25550 W
1000 V	1000 V
320 V bis 800 V / 600 V	390 V bis 800 V / 600 V
150 V / 188 V	150 V / 188 V
33 A / 33 A	33 A / 33 A
2 / A:3; B:3	2 / A:3; B:3
20000 W	25000 W
20000 VA	25000 VA
3 / N / PE; 220 V / 380 V	
3 / N / PE; 230 V / 400 V	
3 / N / PE; 240 V / 415 V	
180 V bis 280 V	
50 Hz / 44 Hz bis 55 Hz	
60 Hz / 54 Hz bis 65 Hz	
50 Hz / 230 V	
29 A / 29 A	36,2 A / 36,2 A
1 / 0 übererregt bis 0 untererregt	
$\leq 3 \%$	
3 / 3	
98,4 % / 98,0 %	98,3 % / 98,1 %

●
● / ●
○
● / ● / -
●
I / AC: III; DC: II

661 / 682 / 264 mm (26,0 / 26,9 / 10,4 inch)
61 kg (134,48 lb)
-25 °C bis +60 °C (-13 °F bis +140 °F)
51 dB(A)
1 W
Transformatorlos / OptiCool
IP65
4K4H
100%

## SUNCLIX / Federzugklemme

○
○ / ●
● / ●
○ / ○
● / ● / ●
● / ●
● / ○ / ○ / ○

ANRE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11:2012, CE, CEI 0-16, CEI 0-21, EN 50438:2013\*,  
G59/3, IEC 60068-2-x, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, MEA 2013, NBR 16149,  
NEN EN 50438, NRS 097-2-1, PEA 2013, PPC, RD 1699/413, RD 661/2007, Res. n°7:2013,  
SI4777, TOR D4, TR 3.2.2, UTE C15-712-1, VDE 0126-1-1, VDE-AR-N 4105, VFR 2014

## Typenbezeichnung

STP 20000TL-30

STP 25000TL-30

## Anhang 11

# FÜR JEDES „WENN“ HABEN WIR EIN „DANN“.

Unsere Batteriespeicher lassen sich für jeden Einsatzzweck optimal anpassen

Egal ob für Not- oder Inselstrom, zur Lastspitzenkappung, gekoppelt ans Stromnetz oder Off-Grid, ob Wüste oder Polarkreis – mit dem *TS System* bietet TESVOLT eine technische Stromspeicherlösung für jeden Einsatzzweck. Das *TS System* ist nicht nur flexibel und lässt sich in Größe und Leistung jedem Bedarf exakt anpassen, es ist auch eines der fortschritt-

lichsten und leistungsfähigsten Speichersysteme. Dabei ist es extrem robust und auch für die härtesten Jobs geeignet. High-End-Batteriezellen aus der Automobilindustrie und innovative Technologien wie der *Active Battery Optimizer* machen unsere *TS Speicher* zu einem der langlebigen und effizientesten Produkte am Markt.

### Höchste Sicherheit

Prismatische Batteriezellen sind sehr langlebig, sicher und leistungsstark, besonders im Vergleich zu Rundzellen. TESVOLT verwendet Zellen von Samsung SDI und gewährt eine Leistungsgarantie von 10 Jahren auf den gesamten Speicher.

### Maximale Lebensdauer

Die Lebensdauer einer Batterie hat enormen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Unser Speichersystem erreicht überdurchschnittliche Werte: Alle Komponenten sind für 30 Jahre Lebensdauer und 8.000 Zyklen gebaut.

### Kompromisslos Leistungsstark

TS-Speicher können Energie sehr schnell speichern und auch genauso schnell wieder abgeben. Die Dauerleistung beträgt 1C – kurzzeitig sogar 4C – und ermöglicht somit einen professionellen Einsatz in Gewerbe, Landwirtschaft und Industrie.

### Auch in Zukunft flexibel

Unsere *TS Speicher* sind nicht nur bei ihrer Anschaffung flexibel konfigurierbar – dank ihrer innovativen *Active Battery Optimizer* Technologie kann ihre Kapazität auch Jahre später erweitert werden.

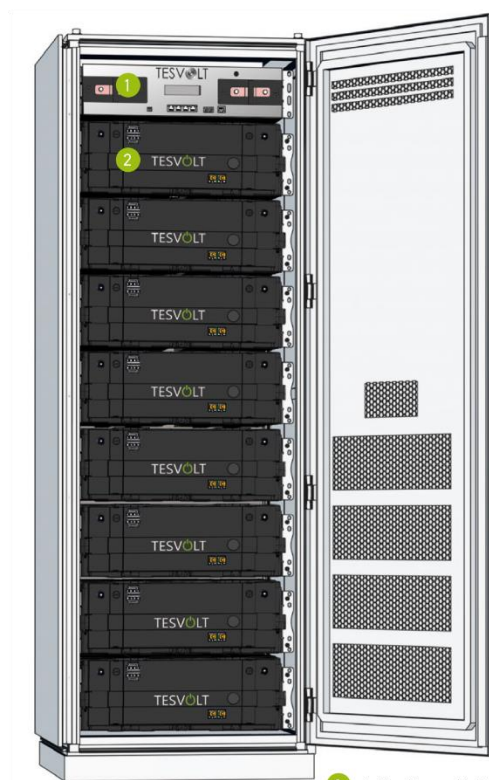
### Samsung SDI Zelle



- 3 Überladeschutz
- 4 Sicherheitsventil
- 5 Sicherung

- 6 Batteriemodul
- 7 Active Battery Optimizer

Prismatische Zellen von Samsung SDI sind extrem sicher. So sorgt z.B. der *Nagelschutzmechanismus* dafür, dass selbst die Penetration mit einem Metaldorn keinen Brand auslösen kann.



- 1 Active Power Unit
- 2 Batteriemodul

### Batteriemodul



Jedes Batteriemodul verfügt über einen eigenen *Active Battery Optimizer (ABO)*, der z.B. im Servicefall mit wenigen Handgriffen vom Modul getrennt werden kann.



## ANWENDUNGEN

- **Notstrom** – bei Netzausfall übernimmt Ihr Speicher innerhalb von Sekundenbruchteilen die Stromversorgung
- **Eigenverbrauchserhöhung** – verbrauchen Sie mehr von Ihrem selbsterzeugten Strom
- **Loadshifting** – kappen Sie Ihre Verbrauchsspitzen und sparen Sie Geld dank kleinerem Netzanschluss
- **Off-Grid-Stromversorgung** – schaffen Sie z.B. mit einer Photovoltaik-Anlage Ihr eigenes Stromnetz

## BAUKASTENPRINZIP

TS Speicher lassen sich flexibel Ihrem Einsatzzweck anpassen:

- Die Kapazität ist in 4,8 kWh-Schritten wählbar. Eine *Active Power Unit (APU)* kann bis zu 16 Batteriemodule steuern.
- Zur Unterbringung stehen drei verschiedene Racks für bis zu 5, 8 oder 10 Batteriemodule zur Verfügung.
- 1- oder 3-phasiger Anschluss und die Anschlussleistung bestimmen die Anzahl der notwendigen Batteriewechselrichter.



## SYSTEMKONFIGURATIONEN

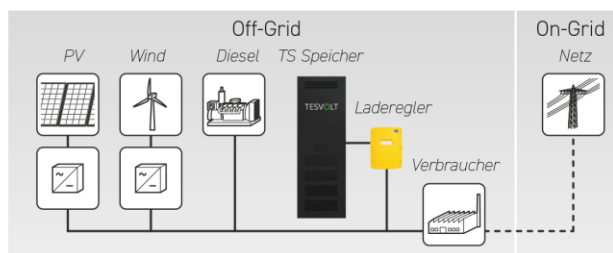
Die folgende Tabelle zeigt die mögliche Leistung in Abhängigkeit von Kapazitäten und zu SMA Sunny Island Inselwechselrichtern:

3686,4 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
230,4 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
211,2 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
192,0 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
172,8 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
153,6 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
134,4 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
115,2 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
96,0 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
76,8 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
57,6 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
38,4 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
24,0 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
19,2 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
14,4 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
9,6 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
4,8 kWh	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
↑ Kapazität TS System	2,3 kW	3,3 kW	4,6 kW	6,0 kW	6,9 kW	9,9 kW	13,8 kW	18 kW	36 kW	54 kW	72 kW	90 kW	108 kW	126 kW	144 kW	162 kW	180 kW	198 kW	216 kW
SMA → Sunny Island	1x 3.0M	1x 4.4M	1x 6.0H	1x 8.0H	3x 3.0M	3x 4.4M	3x 6.0H	3x 8.0H	Ab 18 kW Leistung werden zur Darstellung nur Sunny Island 8.0H (6,0 kW) verwendet.										

Das Firmenlogo SMA, SMA Sunny Island sind in vielen Ländern der Welt eingetragene Warenzeichen der SMA Solar Technology AG.

## OFF-GRID ODER ON-GRID

TS Speicher können sowohl in Inselnetzen als auch netzgekoppelt eingesetzt werden. Sie funktionieren flexibel in Kombination mit beliebigen Energieerzeugern wie Photovoltaik, Bioenergie, Windkraft oder Dieselgeneratoren.



### Technische Daten TESVOLT Batterie Modul

Energie Modul	4,8 kWh
C-Rate	1C (4C max. 20 sec.)
Zelle	Lithium NMC prismatisch (Samsung SDI)
max. Lade-/Entladestrom	900 A
Zellen-Balancing	Active Battery Optimizer
Zyklen @ 100% DoD   70% EoL   23°C +/- 5°C 1C/1C	6.000
Zyklen @ 100% DoD   70% EoL   23°C +/- 5°C 0,5C/0,5C	8.000
Wirkungsgrad (Batterie)	bis zu 98%
Betriebsspannung	44,8 bis 58,1V
Betriebstemperatur	-10 bis 50°C
Luftfeuchtigkeit	0 bis 85% (nicht kondensierend)
Gewicht	36 kg
Abmessungen (HxBxT)	163x490x480mm
Zertifikate/Normen	Zelle: UL 1642, UN 38.3 Produkt: CE, IEC 62619, UL 1973, UN 38.3, IEC 61000-6-3, BattG 2006/66/EG
Garantie	10 Jahre Leistungsgarantie, 5 Jahre Produktgarantie
Recycling	kostenlose Rücknahme durch Tesvolt

### Komplettsystem

Anzahl Batteriemodule	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>TS 25</b> (3 – 5 Module) 1300x600x600 mm (HxBxT)	•	•	•					
<b>TS 40</b> (6 – 8 Module) 1900x600x600 mm (HxBxT)				•	•	•		
<b>TS 50</b> (9 – 10 Module) 2300x600x600 mm (HxBxT)							•	•
<b>TS Flex</b> (Energie nach Wunsch)	Konfigurieren Sie Ihr System flexibel entsprechend Ihren Anforderungen.							
Energie [kWh]	14,4	19,2	24,0	28,8	33,6	38,4	43,2	48,0
Kapazität [Ah]	282	376	470	564	658	752	846	940
maximale Leistung	1C (4C max. 20 sec.)							
Eigenverbrauch (Standby)	1 Watt (Komplettsystem TS)							
Gewicht [kg]	228	264	300	386	422	458	514	550
System	1-phasig, 3-phasig							
Schutzklasse	IP 20 (Innenbereich)							
Systemkompatibilität	Sunny Island (SMA Solar Technology AG)							

Ihr zertifizierter TESVOLT Fachpartner

**TESVOLT GmbH**  
Am Alten Bahnhof 10  
06886 Lutherstadt Wittenberg  
Deutschland | Germany

**FREECALL 0800-TESVOLT**  
FON +49 (0) 3491 45 95 16 10  
info@tesvolt.com  
[www.tesvolt.com](http://www.tesvolt.com)



## FÜR JEDES „WENN“ HABEN WIR EIN „DANN“.

Unsere Batteriespeicher lassen sich für jeden Einsatzzweck optimal anpassen

Egal ob für Eigenverbrauchserhöhung oder zur Lastspitzenkappung, gekoppelt ans Stromnetz oder Off-Grid zur Optimierung von Diesel-Hybridsystemen, ob Wüste oder Polarkreis – mit dem *TS HV 70* bietet TESVOLT eine technische Stromspeicherlösung für jeden Einsatzzweck. Sein fortschrittliches, kostenoptimiertes Design sorgt für eine unschlagbare

Wirtschaftlichkeit – und das ohne Abstriche bei Qualität und Leistung. Dabei ist es extrem robust und auch für die härtesten Jobs geeignet. High-End-Batteriezellen aus der Automobilindustrie und innovative Technologien wie der *Active Battery Optimizer* machen unseren *TS HV 70 Speicher* zu einem der langlebigsten Produkte am Markt.

### ANWENDUNGEN

- **Dieselhybrid-Optimierung** – mit Hilfe des Systems lassen sich Diesel-Hybridsysteme verbrauchsoptimieren
- **Loadshifting** – kappen Sie Ihre Verbrauchsspitzen und sparen Sie Geld dank kleinerem Netzanschluss
- **Eigenverbrauchserhöhung** – verbrauchen Sie mehr von Ihrem selbsterzeugten Strom
- **Netzdienstleistungen** – regeln Sie Blind-/Wirkleistung oder Frequenz und gleichen Sie Schwankungen im Netz aus

### Höchste Sicherheit

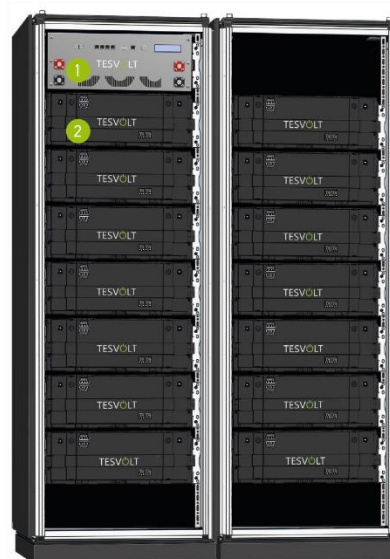
Prismatische Batteriezellen sind sehr langlebig, sicher und leistungsstark, besonders im Vergleich zu Rundzellen. TESVOLT verwendet Zellen von Samsung SDI und gewährt eine Leistungsgarantie von 10 Jahren auf den gesamten Speicher.

### Maximale Lebensdauer

Die Lebensdauer einer Batterie hat enormen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit. Unser Speichersystem erreicht überdurchschnittliche Werte: Alle Komponenten sind für 30 Jahre Lebensdauer und 8000 Zyklen gebaut.

### Kompromisslos leistungsstark

*TS-HV-70-Speicher* können Energie sehr schnell speichern und genauso schnell wieder abgeben. Die Dauerleistung beträgt 1 C – kurzzeitig sogar 4 C – und ermöglicht somit einen professionellen Einsatz in Gewerbe, Landwirtschaft und Industrie.



### Samsung SDI Zelle



- 1 Active Power Unit
- 2 Batteriemodul
- 3 Überladeschutz
- 4 Sicherheitsventil
- 5 Sicherung
- 6 Active Battery Optimizer

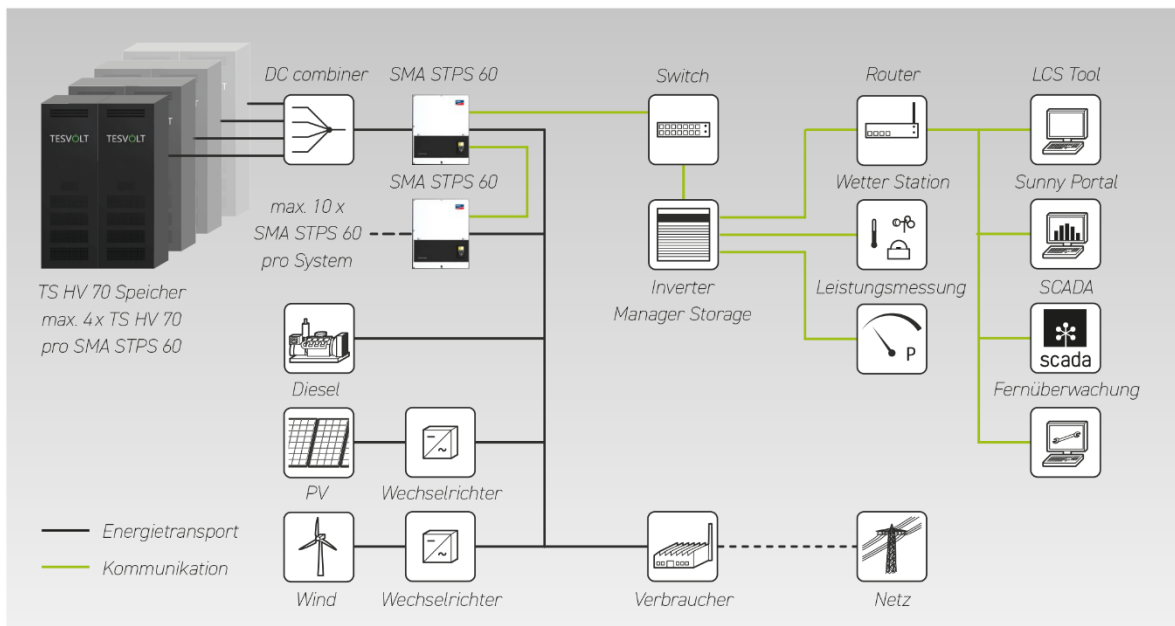
Prismatische Zellen von Samsung SDI sind extrem sicher. So sorgt z.B. der *Nagelschutzmechanismus* dafür, dass selbst die Penetration mit einem Metaldorn keinen Brand auslösen kann.

### Batteriemodul



Jedes Batteriemodul verfügt über einen eigenen *Active Battery Optimizer (ABO)*, der z.B. im Servicefall mit wenigen Handgriffen vom Modul getrennt werden kann.

## SYSTEMAUFBAU



## SYSTEMKONFIGURATIONEN

Die Tabelle zeigt die mögliche Leistung in Abhängigkeit von Energie und Anzahl SMA STPS 60 Batteriewechselrichter:

2 680 kWh										●
2 412 kWh									●	●
2 144 kWh								●	●	●
1 876 kWh							●	●	●	●
1 608 kWh						●	●	●	●	●
1 340 kWh					●	●	●	●	●	●
1 072 kWh				●	●	●	●	●	●	●
804 kWh			●	●	●	●	●	●	●	●
737 kWh			●	●	●	●	●	●	●	●
670 kWh			●	●	●	●	●	●	●	●
603 kWh			●	●	●	●	●	●	●	
536 kWh		●	●	●	●	●	●	●		
469 kWh		●	●	●	●	●	●			
402 kWh		●	●	●	●	●				
335 kWh		●	●	●	●					
268 kWh	●	●	●	●						
201 kWh	●	●	●							
134 kWh	●	●								
67 kWh	●									
Energie ↑ System	60 kW	120 kW	180 kW	240 kW	300 kW	360 kW	420 kW	480 kW	540 kW	600 kW
SMA → STPS 60	1 x	2 x	3 x	4 x	5 x	6 x	7 x	8 x	9 x	10 x

## SMA TRIPower STORAGE 60

TESVOLT TS HV 70 Speicher sind für den Einsatz mit 3-phasigen SMA Tripower Storage 60 Batteriewechselrichtern optimiert und als System perfekt auf die Bedürfnisse von Gewerbe und Industrie abgestimmt. Mit ihm lassen sich Speicherlösungen bis in den Megawattbereich realisieren. Dank des im Batteriewechselrichter integrierten Energiemanagements und der hohen C-Rate der TS

HV 70 Speicher können unterschiedlichste Netzsystemdienstleistungen zur Verfügung gestellt werden. Das System eröffnet gleichzeitig neue wirtschaftliche Perspektiven – denn die Investitionskosten liegen deutlich unter denen herkömmlicher Speichersysteme und TESVOLT TS HV 70 Speicher gehören zu den langlebigsten Produkten am Markt.

### Technische Daten SMA STPS 60

Nennleistung (AC)	60kVA
DC-Spannungsbereich	575 bis 1000V
Maße (B x H x T)	570 x 740 x 300mm
max. Wirkungsgrad	98,8%
Eigenverbrauch	< 3W
Betriebstemperatur	- 25 bis 60 °C
Gewicht	75 kg
Schutzart	IP 65
Kommunikation	Modbus TCP/IP
Topologie	transformatorlos
Produktgarantie	5 Jahre



SMA Tripower Storage 60 mit SMA Inverter Manager Storage

### Technische Daten TESVOLT TS HV 70

Energie	67kWh
C-Rate	1C (4C max. 20 sec.)
Zelle	Lithium NMC prismatic (Samsung SDI)
max. Lade-/Entladestrom	100 A
Zellen-Balancing	Active Battery Optimizer
Zyklen @ 100 % DoD   70 % EoL   23°C +/- 5°C 1C/1C	6000
Zyklen @ 100 % DoD   70 % EoL   23°C +/- 5°C 0,5C/0,5C	8000
Wirkungsgrad (Batterie)	bis zu 98 %
Betriebsspannung	627 bis 814V
Betriebstemperatur	-10 bis 50 °C
Luftfeuchtigkeit	0 to 85 % (nicht kondensierend)
Gesamtgewicht (14 Batteriemodule, 2 Racks)	824 kg
Gewicht pro Batteriemodul	36 kg
Gewicht pro Rack	120 kg
Abmessungen (HxBxT)	1900 x 1200 x 600 mm
Zertifikate/Normen Zelle	UL 1642, UN 38.3
Produkt	CE, IEC 62619, UL 1973, UN 38.3, IEC 61000-6-3, BattG 2006/66/EG
Garantie	10 Jahre Leistungsgarantie, 5 Jahre Produktgarantie
Recycling	kostenlose Rücknahme durch Tesvolt
Schutzart	IP 20

Ihr zertifizierter TESVOLT Fachpartner

#### TESVOLT GmbH

Am Alten Bahnhof 10  
06886 Lutherstadt Wittenberg  
Deutschland | Germany

FREECALL 0800-TESTVOLT

FON +49 (0) 3491 45 95 16 10

info@tesvolt.com

[www.tesvolt.com](http://www.tesvolt.com)





## Anhang 12



### PV-Montagesystem Flachdach MSP-FR-EW von Schweizer.

**Das Photovoltaik-Montagesystem Ost-West ist ein frei ausrichtbares Montagesystem ohne Dachdurchdringungen mit sehr geringem Lastbedarf für gerahmte Photovoltaikmodule auf Flachdächern.**

Es ist extrem einfach und rasch montierbar bei kompromissloser Materialqualität. Das Montagesystem MSP-FR-EW ist die flexible Lösung Flachdächer. Alle Teile wurden für eine möglichst rasche und fehlerfreie Montage entwickelt. Die effiziente Vormontage gestaltet die nachfolgende Arbeit auf dem Dach noch produktiver.

Das aus hochwertigem Aluminium gefertigte System für Flachdächer mit Folien- oder Bitumendachbahnen wurde strengsten Windkanaltests unterzogen. Mit dem neuen Rekordwert von  $7 \text{ kg/m}^2$  (inklusive Module) vereint es geringste Lasteinwirkung mit Wirtschaftlichkeit und langjähriger Zuverlässigkeit.



## PV-Montagesystem Flachdach MSP-FR-EW von Schweizer:

Ein optimiertes System, das die Montagekosten schmelzen lässt.

### Anwendung

- Nach Ost-West ausrichtbares Montagesystem ohne Dachdurchdringung mit sehr geringem Lastbedarf für gerahmte Photovoltaikmodule auf Flachdächern.

### Schnelle und einfache Montage

- Aufbau in weniger als 20 Minuten pro kWp. Die Montage erfolgt extrem schnell.
- Keine zeitaufwändigen Vermessungs-, Bohr- oder Trennarbeiten.
- Dachunebenheiten kein Problem: egal ob Drainagerinnen oder Varianzen – das System passt sich der Topografie des Daches an.

### Technische Daten

- Dachflächenlast inklusive Modul: 7 kg/m<sup>2</sup> (wenn kein Ballast benötigt wird) bis 14 kg/m<sup>2</sup>, je nach Reihenabstand
- Dachhaut: Folien- und Bitumendachbahnen (PVC, FPO/TPO, EPDM, usw.), Kies möglich (unter Basisprofilen wegzuräumen)
- Dämmung: Passende Basisprofile für unterschiedlich belastbare Dämmschichten verfügbar
- PV-Module: 60- und 72-Zeller (6") sowie 96-Zeller (5")
- Universalklemmen für Modulrahmenhöhen von 30 bis 50 mm
- Typischerweise kein Ballast bis Windlast 0.8 kN/m<sup>2</sup>
- Materialien: Aluminium, Edelstahl (A2/A4), Schutzlage aus Polyestervlies (450g/m<sup>2</sup>)
- Anlagen-Mindestgrösse: 1 x 3 Giebel oder 3 x 1 Giebel
- Dachneigung: Flachdächer bis 3°

### Schnell und einfach planen.

Mit proMSP erhalten Sie eine vollständige Dokumentation der statischen Kalkulation, Stücklisten und Zeichnungen für eine schnelle und sichere Installation. Die vollständige 3D Visualisierung von proMSP ermöglicht zudem eine einfache und schnelle Anordnungsplanung und die optimale Ausnutzung des Daches. Die Software steht kostenfrei zur Verfügung.



### Die Vorteile auf einen Blick

- Effizienter Arbeitsablauf: keine zeitaufwändigen Vermessungs-, Bohr- oder Trennarbeiten.
- Schnelle Vormontage: spart Arbeitsschritte beim Aufbau
- Kein Ablängen von Metallteilen: alle Artikel und Profile werden in der benötigten Dimension geliefert
- Gut für die Lebensdauer des Daches: problemlose Dachentwässerung, kein Durchdringen der Dachhaut
- Optimierte Lastverteilung: für jedes Isolationsmaterial die passende Basisprofillänge
- Einfache Handhabung: kurze Profile, keine langen Schienen



Schnelle Vormontage spart Arbeitsschritte beim Aufbau.



Ernst Schweizer AG, Metallbau  
CH-8908 Hedingen  
Telefon +41 44 763 61 11  
Telefax +41 44 763 61 19  
www.schweizer-metallbau.ch

Bern, Biel, Chur,  
Lausanne, Luzern,  
Möhl, Solothurn,  
St. Gallen, Zürich

Fassaden  
Holz/Metall-Systeme  
Fenster und Türen

Briefkästen und Fertigteile  
Sonnenenergie-Systeme  
Beratung und Service



## Anhang 13

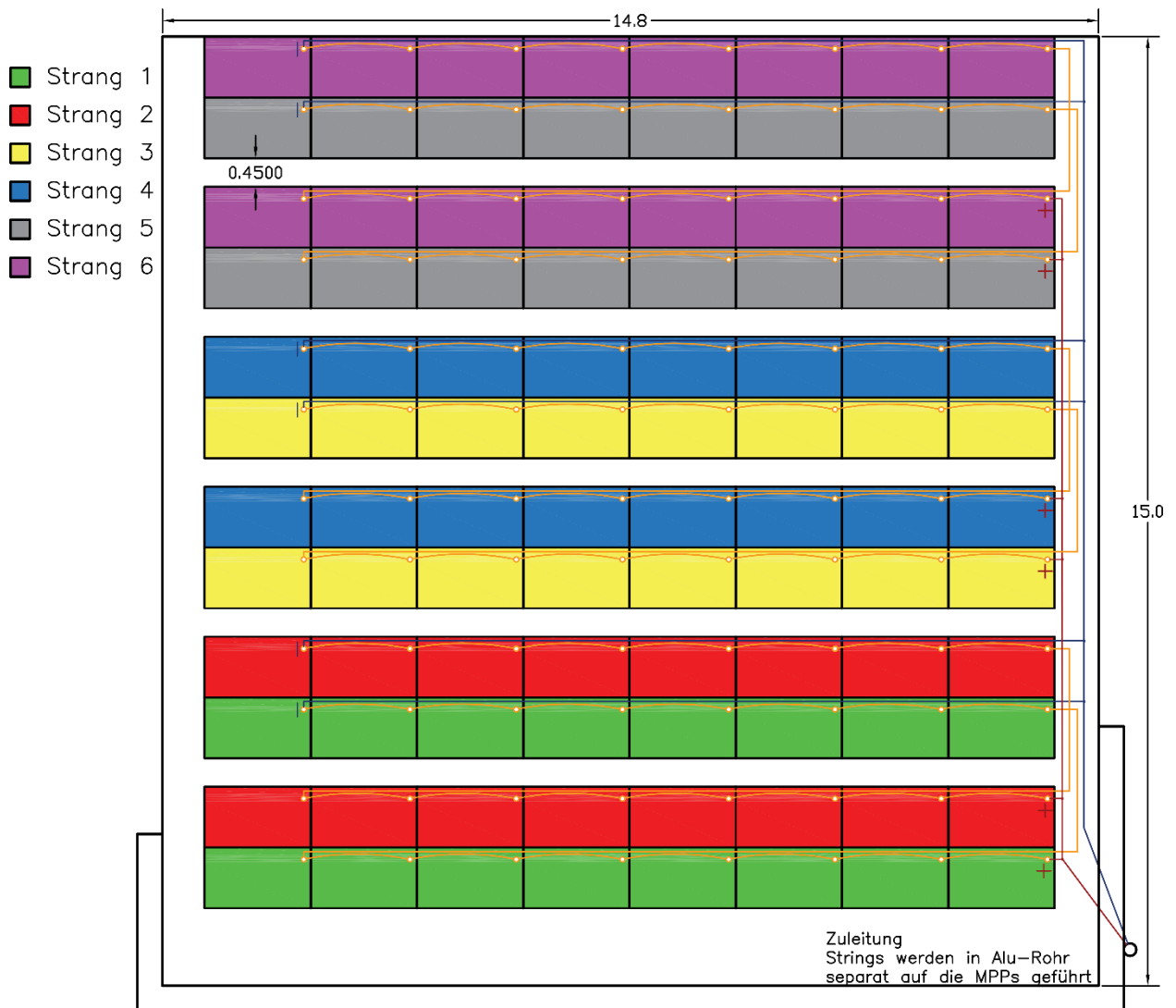


Abbildung 44:Stringplan Pumpwerk Gerenau



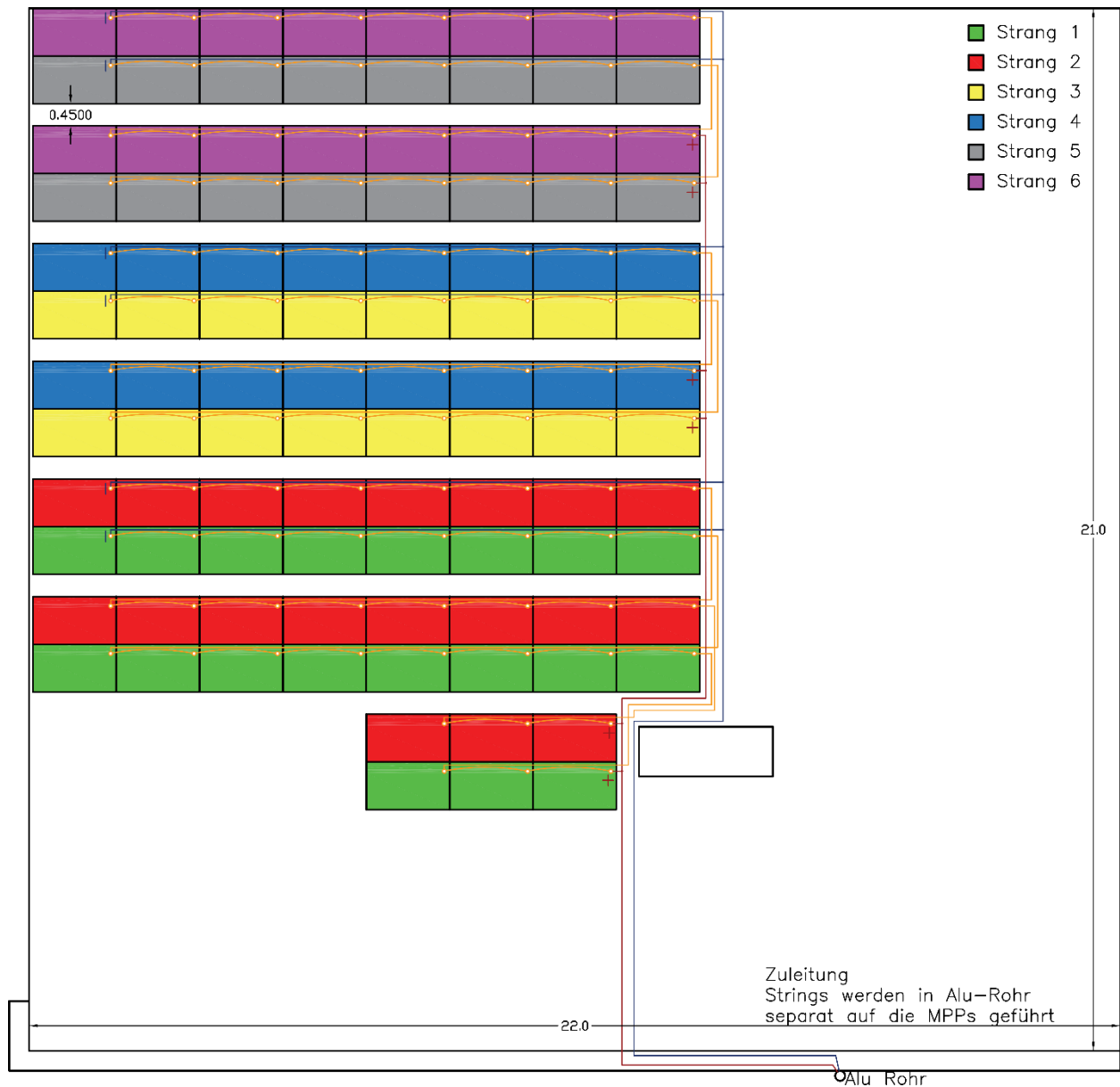


Abbildung 45: Stringplan Pumpwerk Oedischwend

## Anhang 14

Berechnung für die Stringverluste am Standort **Waisenhaus**:

geg: String 1 = 60m, String 2 = 60m, Strangkabel: 2 x 7.5m & 2 x 24.5m = 2x32m

ges: Widerstand = spez. Widerstand \* Leiterlänge / Querschnitt

Lös:  $R = 0.0175 * 92 / 4 = 0.416$  Ohm Widerstand auf jedem String

geg:  $I_{mpp} = 7.25A$ ,  $I_{SC} = 0.05\%/C^\circ$ ,  $\Delta T = 45K$  (max  $70^\circ C$ ),  $I_{mpp, T} = 7.41A$ , max  $I_{SC} = 7.74A$

ges: Spannungsabfall  $U_V = \text{Stringwiderstand } R * \text{Strom } I$

Lös:  $U_V = 0.416 * 7.41A = 3.08V$  entspricht 0.31%

Berechnung für die Stringverluste am Standort **Gerenu**:

geg: String 1-6 = 40m, Strangkabel: 6 x 35m & 6 x 45m = 6x80m

ges: Widerstand = spez. Widerstand \* Leiterlänge / Querschnitt

Lös:  $R = 0.0175 * 120 / 4 = 0.525$  Ohm Widerstand auf jedem String

geg:  $I_{mpp} = 7.25A$ ,  $I_{SC} = 0.05\%/C^\circ$ ,  $\Delta T = 45K$  (max  $70^\circ C$ ),  $I_{mpp, T} = 7.41A$ , max  $I_{SC} = 7.74A$

ges: Spannungsabfall  $U_V = \text{Stringwiderstand } R * \text{Strom } I$

Lös:  $U_V = 0.525 * 7.41A = 3.89V$  entspricht 0.39%

Berechnung für die Stringverluste am Standort **Oedischwend**:

geg: String 1-6 = 40m, Strangkabel: 6 x 28m & 6 x 37m = 6x65m

ges: Widerstand = spez. Widerstand \* Leiterlänge / Querschnitt

Lös:  $R = 0.0175 * 105 / 4 = 0.459$  Ohm Widerstand auf jedem String

geg:  $I_{mpp} = 7.25A$ ,  $I_{SC} = 0.05\%/C^\circ$ ,  $\Delta T = 45K$  (max  $70^\circ C$ ),  $I_{mpp, T} = 7.41A$ , max  $I_{SC} = 7.74A$

ges: Spannungsabfall  $U_V = \text{Stringwiderstand } R * \text{Strom } I$

Lös:  $U_V = 0.459 * 7.41A = 3.40V$  entspricht 0.34%

---

290	Wp	11600	Wp	Leistung Solarkraftwerk
40	Module	9280	Wp	80%
		9000	W	1x Sunny Tripower 9000TL
		1000	V	Max. Zulässige DC Spannung am WR Eingang
		22,8938	%	Max. Module an einem Strang
		39	V	Leerlaufspannung Uoc bei STC
		-0,3	%/K	TK Uoc
		40	K	delta T (-15°C bis 25°C)
		4		Anschlüsse Total
		2		MPP Tracker zur Verfügung
		A=25A(2) / B=15A(2)		Max. Kurzschlussstrom pro MPP-Tracker
		2,5		Strings max. an MPP Tracker 1
		1,5		Strings max. an MPP Tracker 2
		9,61	A	Isc bei STC
		0,05	%/K	TK Isc
		45	K	delta T (70°C - 25°C)
		DC Verpolungsschutz integriert		DC Seitig Sicherung nötig
		2x Typ III nicht integriert		DC Seitig Überspannungsschutz
		JA		Integrierter DC Lasttrennschalter

	Datenblatt Wechselrichter und Modul
	Berechnung
	Eingabe

290	Wp	27840	Wp	Leistung Solarkraftwerk
96	Module	22272	Wp	80%
		24000	W	3x Sunny Tripower 8000TL
		1000	V	Max. Zulässige DC Spannung am WR Eingang
		22,8938	%	Max. Module an einem Strang
		39	V	Leerlaufspannung Uoc bei STC
		-0,3	%/K	TK Uoc
		40	K	delta T (-15°C bis 25°C)
		12		Anschlüsse Total
		6		MPP Tracker zur Verfügung
		A=25A(2) / B=15A(2)		Max. Kurzschlussstrom pro MPP-Tracker
		2,5		Strings max. an MPP Tracker 1
		1,5		Strings max. an MPP Tracker 2
		9,61	A	Isc bei STC
		0,05	%/K	TK Isc
		45	K	delta T (70°C - 25°C)
		DC Verpolungsschutz integriert		DC Seitig Sicherung nötig
		2x Typ III nicht integriert		DC Seitig Überspannungsschutz
		JA		Integrierter DC Lasttrennschalter

	Datenblatt Wechselrichter und Modul
	Berechnung
	Eingabe

290	Wp	29580	Wp	Leistung Solarkraftwerk
102	Module	23664	Wp	80%
		25000	W	1x Sunny Tripower 25000TL
		1000	V	Max. Zulässige DC Spannung am WR Eingang
		22,8938	%	Max. Modul an einem String
		39	V	Leerlaufspannung Uoc bei STC
		-0,3	%/K	TK Uoc
		40	K	delta T (-15°C bis 25°C)
		6		Anschlüsse Total
		2		MPP Tracker zur Verfügung
		A=33A(3) / B=33A(3)		Max. Kurzschlussstrom pro MPP-Tracker
		3,4		Strings max. an MPP Tracker 1
		3,4		Strings max. an MPP Tracker 2
		9,61	A	Isc bei STC
		0,05	%/K	TK Isc
		45	K	delta T (70°C - 25°C)
		DC Verpolungsschutz integriert		DC Seitig Sicherung nötig
		2x Typ III nicht integriert		DC Seitig Überspannungsschutz
		NEIN		Integrierter DC Lasttrennschalter

	Datenblatt Wechselrichter und Modul
	Berechnung
	Eingabe

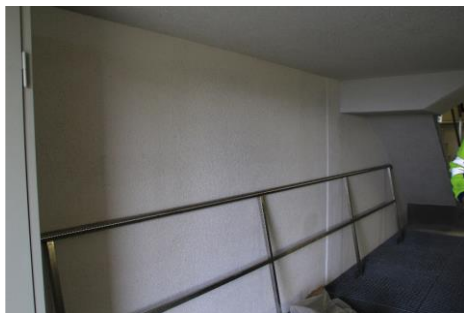
Abbildung 48: Wechselrichter und Stringberechnungen Oedischwend

## Anhang 16

Tabelle 25: Ausmass für den Standort Gerenau

Name	Gerenau
Verbrauch	47 061 kWh / 7280 kWh
Adresse	Gerenstrasse 7 8820 Wädenswil ZH
Grösse der Fläche	14,8m x 15m [222m²]
Grösse der Anlage [kWp]	27,84
Ausrichtung	Ost-West (-120° & 60°)
Anzahl Module	96 (48 Ost & 48 West)
Neigung	10°
Besonderheiten	50cm Erdaufbau mit begrünter Rasenfläche

### LG mit SMA



Standort für Wechselrichter und Installationen

MATERIAL	
Was	Menge
LS/C/3LN 40A	1
Kabel 5x10mm2	30m
Netztrennschalter	1
Überspannungsschutz Typ3 AC	2
Pot. Anschluss 16mm2	30m
<b>Wechselrichter (Sunny Tripower 8000 TL)</b>	<b>3 x 8000</b>
4mm2 zwischen WR und GAK (12x4m)	48m
Überspannungsschutz Typ3 DC	2
GAK mit Überspannungsschutz Typ2 (2x) und Anlagenschalter via Schütz	1
4mm2 (Strangkabel 12x40m)	480 m
Pot. Anschluss 6mm2	40m
<b>Module (LG Mono X2 290Wp von LG Electronics GmbH)</b>	<b>96</b>
4mm2 (String 1 16Module)	50m
4mm2 (String 2 16Module)	50m
4mm2 (String 3 16Module)	50m
4mm2 (String 4 16Module)	50m
4mm2 (String 5 16Module)	50m
4mm2 (String 6 16Module)	50m
<b>Aufständerung für Ost West Module (FixGrid100 von Schletter GmbH 11°)</b>	<b>48</b>
Kies	22m³
Verbundsteine (0,5m x 0,5m)	900
<b>OPTIONAL:</b>	
<b>Batterie für 20kWh</b>	1

ARBEIT
Reserveplatz in HV vorhanden
Montage und Verkabelung LS
Montage und Verkabelung Netztrennschalter
Montage und Verkabelung Überspannungsschutz
Montage und Verkabelung Wechselrichter
Montage und Verkabelung GAK
Gebäudeeintritt
Aufstellung Ost/West Aufständerung
Oberste Schicht Erde abtragen (10cm), Vegetationsmatte verlegen, 10cm Kies schütten, Verbundsteine verlegen, Befestigungsarbeiten
Montage und Verkabelung Module
Verdrahtung Potentialausgleich
Verdrahtung und Inbetriebnahme Steuerung
Inbetriebnahme inkl. ESTI und weitere Protokolle

*Tabelle 26: Ausmass für den Standort Oedischwend*

Name	Oedischwend
Verbrauch	49 243 kWh / 16468 kWh
Adresse	Widen-Stocken Weg 50 8820 Wädenswil ZH
Grösse der Fläche	22m x 21m [462m <sup>2</sup> ]
Grösse der Anlage [kWp]	29,58
Ausrichtung	Ost-West (-138° & 42°)
Anzahl Module	102 (51 Ost & 51 West)
Neigung	10°
Besonderheiten	50cm Erdaufbau mit begrünter Rasenfläche

**LG mit SMA**



Standort für Wechselrichter und Installationen

MATERIAL	
Was	Menge
LS/C/3LN 40A	1
Kabel 5x10mm <sup>2</sup>	25m
Netztrennschalter	1
Überspannungsschutz Typ3 AC	2
Pot. Anschluss 16mm <sup>2</sup>	60m
<b>Wechselrichter (Sunny Tripower 25000 TL)</b>	<b>1</b>
4mm <sup>2</sup> zwischen WR und GAK (12x4m)	48m
Überspannungsschutz Typ3 DC	2
GAK mit Überspannungsschutz Typ2 (2x) und Anlagenschalter via Schütz	1
4mm <sup>2</sup> (Strangkabel 12x25m)	300m
Pot. Anschluss 6mm <sup>2</sup>	50m
<b>Module (LG Mono X2 290Wp von LG Electronics GmbH)</b>	<b>102</b>
4mm <sup>2</sup> (String 1 19Module)	50m
4mm <sup>2</sup> (String 2 19Module)	50m
4mm <sup>2</sup> (String 3 16Module)	50m
4mm <sup>2</sup> (String 4 16Module)	50m
4mm <sup>2</sup> (String 5 16Module)	50m
4mm <sup>2</sup> (String 6 16Module)	50m
<b>Aufständerung für Ost West Module (FixGrid100 von Schletter GmbH 11°)</b>	<b>51</b>
Kies	23m <sup>3</sup>
Verbundsteine (0,5m x 0,5m)	924
<b>OPTIONAL:</b>	
<b>Batterie für 30kWh</b>	<b>1</b>

ARBEIT
Reserveplatz in HV vorhanden
Montage und Verkabelung LS
Montage und Verkabelung Netztrennschalter
Montage und Verkabelung Überspannungsschutz
Montage und Verkabelung Wechselrichter
Montage und Verkabelung GAK
Gebäudeeintritt
Aufstellung Ost/West Aufständerung
Oberste Schicht Erde abtragen (10cm), Vegetationsmatte verlegen, 10cm Kies schütten, Verbundsteine verlegen, Befestigungsarbeiten
Montage und Verkabelung Module
Verdrahtung Potentialausgleich
Verdrahtung und Inbetriebnahme Steuerung
Inbetriebnahme inkl. ESTI und weitere Protokolle

*Tabelle 27: Ausmass für den Standort Oedischwend 66.7*

Name	Oedischwend
Verbrauch	49 243 kWh / 16468 kWh
Adresse	Widen-Stocken Weg 50
	8820 Wädenswil ZH
Grösse der Fläche	22m x 21m [462m <sup>2</sup> ]
Grösse der Anlage [kWp]	66,7
Ausrichtung	Ost-West (-138° & 42°)
Anzahl Module	230 (115 Ost & 115 West)
Neigung	10°
Besonderheiten	50cm Erdaufbau mit begrünter Rasenfläche

**LG mit SMA**



Standort für Wechselrichter und Installationen

MATERIAL	
Was	Menge
LS/C/3LN 80A	1
Kabel 5x25mm <sup>2</sup>	25m
Netztrennschalter	1
Überspannungsschutz Typ3 AC	2
Pot. Anschluss 16mm <sup>2</sup>	60m
<b>Wechselrichter (Sunny Tripower 25000 TL)</b>	<b>2</b>
4mm <sup>2</sup> zwischen WR und GAK (28x4m)	112m
Überspannungsschutz Typ3 DC	2
GAK mit Überspannungsschutz Typ2 (2x) und Anlagenschalter via Schütz	1
4mm <sup>2</sup> (Strangkabel 28x25m)	700m
Pot. Anschluss 6mm <sup>2</sup>	50m
<b>Module (LG Mono X2 290Wp von LG Electronics GmbH)</b>	<b>230</b>
4mm <sup>2</sup> (String 1 17Module)	80m
4mm <sup>2</sup> (String 2 17Module)	80m
4mm <sup>2</sup> (String 3 17Module)	100m
4mm <sup>2</sup> (String 4 17Module)	100m
4mm <sup>2</sup> (String 5 17Module)	120m
4mm <sup>2</sup> (String 6 17Module)	120m
4mm <sup>2</sup> (String 7-14)	640m
<b>Aufständerung für Ost West Module (FixGrid100 von Schletter GmbH 11°)</b>	<b>115</b>
Kies	46m <sup>3</sup>
Verbundsteine (0,5m x 0,5m)	1848
<b>Batterie für 30kWh</b>	<b>1</b>
Steuerung um die Pumpe in Teillast zu betreiben und dem Lastgang der PV-Anlage zu folgen	1

ARBEIT
Reserveplatz in HV vorhanden
Montage und Verkabelung LS
Montage und Verkabelung Netztrennschalter
Montage und Verkabelung Überspannungsschutz
Montage und Verkabelung Wechselrichter
Montage und Verkabelung GAK
Gebäudeeintritt
Aufstellung Ost/West Aufständerung
Oberste Schicht Erde abtragen (10cm), Vegetationsmatte verlegen, 10cm Kies schütten, Verbundsteine verlegen, Befestigungsarbeiten
Montage und Verkabelung Module
Verdrahtung Potentialausgleich
Verdrahtung und Inbetriebnahme Steuerung
Inbetriebnahme inkl. ESTI und weitere Protokolle

## Anhang 17

Tabelle 28: Offertenübersicht und Preise für den Standort Waisenhaus

Offertenübersicht Waisenhaus								
		40	Star Unity	EW Höfe	iontec	krannich	fankhauser	X
Was	Typenbezeichnung	Preis						
Module	LG Solar LG300S1C-A5	236	9440					
	JA Solar Mono JAM6 (K) 60-295/4BB	191	7638					
	Sun Tech STP290S-20/WEB Hypro	192	7660					
		160				6380		
	Hanwha Q.Peak inkl. Aufständerung	269		10750				
	Aleo S19-305 HE Mono	275			11000			
	Meyer Burger Sky 300	320						12800
	LG 290S1C-L4	219						8760
	Canadian Solar CS6K-295MS-BF	156					6240	
Aufständerung	Schweizer Metallbau MSP-FR-EW	51	2020					1685
	K2 Dome 10°	75			3000			
	Peak Design Meyer Burger (2)	235						4700
	K2 Systems GmbH	29				1160		
	K2	36					1433	
Wechselrichter & Speichersysteme	SolarEdge	2400			2400			
	Solar Edge Wechselrichter SE10K-ER-01	1705	1705					
	Solar Edge P300-5R M4M RS	59	2360					
	E3DC S10 15kWp	2332		2332				
	Speicher 15,84kWh	13874		13874				
	E3DC Quattroporte DUE XXL 21,12kWh	18498						
	Kosten pro kWh	876						
	Fronius Wechselrichter Symp 12,5-3M	2350			2350			
	Varta Element Speicher 9,6kWh	10500			10500			
	SMA Set 3xSI 3.0H	7298						
	Tesvolt TS10 9,6kWh	9120						
	SMA Set 3xSI 6.0H	8218						
	Tesvolt TS10 19,2kWh	15058						
	SMA Sunny Tripower 6000TL-20	2211				4421		
	SMA Sunny Tripower 9000TL-20	2698				2698		
	SMA Sunny Tripower 8000TL-20	1816					1816	
	SMA Sunny Tripower 9000TL-20	1923					1923	1923
	SMA Sunny Tripower 25000TL-30	2769					2769	
		ads-tec SRS2028 inkl. NA-Box (28kWh Batterie)	41725				41725	
Material	Installationsmaterial DC		2073	450	1648			1390
	div. Kleinmaterial					700	875	
Diverses	Dienstleistungen Montage		9150	3750	8250			7050
	Fracht				650		425	500
	Anlagenüberwachung				350			
	Anschlussarbeiten DC-seitig		1068	4600				2000
	Administrative Arbeiten			3200				
	Allgemein + Datenauswertung		2479	1700				1000
	Zusatz	Versicherung 10 Jahre	835			835		
Bauseitige Arbeiten	AC Arbeiten	1300	1300	1300	2500	1300	1300	1300
	Bohrungen und diverses	500	500	500		500	500	500

Offertenübersicht der Anlagenkosten am Standort Waisenhaus																				
		1) Star Unity (LG)	2) Star Unity (Ja)	3) Star Unity (Sun)	4) Star Unity (LG)	5) Star Unity (LG) + tesvolt 9,6	6) EW Höfe	7) EW Höfe	8) EW Höfe + Speicher 15,84	9) EW Höfe + Speicher 15,84	10) iontec	11) iontec (exkl. Arbeiten bauseits)	12) iontec (Solaredge)	13) iontec + Speicher 9,6	14) X (MB)	15) X (LG)	16) X (MB)	17) X (LG)	18) X (LG) + tesvolt 9,6	19) X (SunTech)
Nettosumme	[CHF]	30295	28493	28515	32095	41215	26782	28582	42455	40655	27248	29748	32648	42648	31363	24308	33163	26108	35228	19176
MWSt	8%	2424	2279	2281	2568	3297	2143	2287	3396	3252	2180	2380	2612	3412	2509	1945	2653	2089	2818	1534
Bruttosumme	[CHF]	32719	30773	30797	34663	44512	28924	30868	45851	43907	29427	32127	35259	46059	33872	26253	35816	28197	38046	20710
Investitionskosten																				
Abzüglich		26369	24423	24447	28313	38162	22574	24518	39501	37557	23077	25777	28909	39709	27522	19903	29466	21847	31696	14360
Einmalvergütung	[CHF]																			
spez. Investitionskosten																				
[CHF/kWp]		2273	2105	2107	2441	3290	1946	2114	3405	3238	1989	2222	2492	3423	2373	1716	2540	1883	2732	1238

nach Originaler Offerte

PV Anlage

komplette PV Anlage (inkl. bauseitige Arbeiten)

komplette PV Anlage (inkl. bauseitige Arbeiten) & Speicher

günstigste Variante



Tabelle 30: Offerten Übersicht und Preise für den Standort Gerenau

Offertenübersicht Gerenau							
Was	Typenbezeichnung	Preis	96 EW Höfe	iontec	krannich	fankhauser	X
	Sun Tech STP290S-20/WEB Hypro	160			15312		
	Hanwha Q.Peak inkl. Aufständerung	269	25800				
	Aleo S19-305 HE Mono	275		26400			
	Meyer Burger Sky 300	320					30720
	LG 290S1C-L4	219					21024
	Canadian Solar CS6K-295MS-BF	156				14976	
Aufständerung	Schweizer Metallbau MSP-FR-EW	34					3225
	K2 Dome 10°	65		6240			
	Peak Design Meyer Burger (2)	235					11280
	K2 Systems GmbH	29			2784		
	K2	36				3439	
Wechselrichter & Speichersysteme	E3DC S10 30kWp	9301	9301				
	Speicher 28,2kWh	24699	24699				
	E3DC Quattroporte DUE XXL 21,12kWh	18498					
	Kosten pro kWh	876					
	ABB Trio-27.0-TL/27.6-TL	3400		3400			
	Varta Element Speicher 9,6kWh	10500		10500			
	SMA Set 3xSI 3.0H	7298					
	Tesvolt TS10 9,6kWh	9120					
	SMA Set 3xSI 6.0H	8218					
	Tesvolt TS10 19,2kWh	15058					
	SMA Sunny Tripower 6000TL-20	2211			4421		
	SMA Sunny Tripower 9000TL-20	2698			2698		
	SMA Sunny Tripower 8000TL-20	1816				1816	5448
	SMA Sunny Tripower 9000TL-20	1923				1923	
	SMA Sunny Tripower 25000TL-30	2769				2769	
	ads-tec SRS2028 inkl. NA-Box (28kWh Batterie)	41725			41725		
Material	Installationsmaterial DC		450	3025			1738
	div. Kleinmaterial				700	875	
Diverses	Dienstleistungen Montage		8450	11250			9850
	Fracht			650		425	750
	Gärtner Arbeiten		8600	8600			8600
	Anlagenüberwachung			350			
	Anschlussarbeiten DC-seitig		5600				3000
	Administrative Arbeiten		3200				
	Allgemein + Datenauswertung		1900				1000
Zusatz	Versicherung 10 Jahre	835		835			
Bauseitige Arbeiten	AC Arbeiten	2000	2000	2500	2000	2000	2000
	Bohrungen und diverses	500	500		500	500	500

Anlagenkostenübersicht am Standort Gerenuk																					
Anbietende Solarinstallateure		EW Höfe					iontec					Zusammengestellte Offerten									
Eigenschaften & Komponenten der spezifischen Offerten		1) Modul Hanwha Q	2) Modul Hanwha Q	3) Modul Hanwha Q + Speicher 28,2	4) Modul Hanwha Q + tesvolt 19,2	5) Modul Hanwha Q + Speicher 28,2		6) Modul Aleo	7) Modul Aleo + Gärtner	8) Modul Aleo	9) Modul Aleo + Speicher 9,6	10) Modul Aleo + tesvolt 19,2		11) Modul MeyerBurger	12) Modul LG	13) Modul MeyerBurger	14) Modul LG	15) Modul LG + tesvolt 9,6	16) Modul LG + tesvolt 19,2	17) Modul SunTech	17) Modul SunTech + Gärtner + tesvolt 19,2
Nettosumme	[CHF]	54701	65801	90500	80859	79400		51315	59915	62415	72915	77473		63786	46035	74886	57135	66254	72192	45123	60180
Bruttosumme	[CHF]	59077	71065	97740	87327	85752		55420	64708	67408	78748	83671		68888	49717	80876	61705	71555	77968	48732	64995
Investitionskosten																					
Abzüglich	[CHF]	45527	57515	84190	73777	72202		41870	51158	53858	65198	70121		55338	36167	67326	48155	58005	64418	35182	51445
Einmalvergütung																					
spez. Investitionskosten	[CHF/kWp]	1635	2066	3024	2650	2593		1504	1838	1935	2342	2519		1988	1299	2418	1730	2084	2314	1264	1848
nach Originaler Offerte		PV Anlage					komplette PV Anlage (inkl. bauseitige Arbeiten & Gärtnerarbeiten)							komplette PV Anlage (inkl. bauseitige Arbeiten & Gärtnerarbeiten) & Speicher					günstigste Variante		

Tabelle 32: Offerten Übersicht und Preise für den Standort Oedischwend

Offertenübersicht Oedischwend									
102	230		EW Höfe	iontec 39,04	iontec 29,58	krannich	fankhauser	X	Y 66kWp
Was	Typenbezeichnung	Preis							
	Sun Tech STP290S-20/WEB Hypro	160				16269			36685
	Hanwha Q.Peak inkl. Aufständering	269	27415						
	Aleo S19-305 HE Mono	275		35200	26670				
	Meyer Burger Sky 300	320						32640	
	LG 290S1C-L4	219						22338	50370
	Canadian Solar CS6K-295MS-BF	156					15912		
Aufständering	Schweizer Metallbau MSP-FR-EW	78						7524	18026
	K2 Dome 10°	65		8320	6304				
	Peak Design Meyer Burger (2)	235						11985	
	K2 Systems GmbH	29				2958			
	K2	36					3654		
Wechselrichter & Speichersysteme	E3DC S10 30kWp	9301	9301						
	Speicher 28,2kWh	24699	24699						
	E3DC Quattroporte DUE XXL 21,12kWh	18498							
	Kosten pro kWh	876							
	ABB Trio-27.0-TL/27.6-TL	3400		3400	3400				
	Varta Element Speicher 9,6kWh	10500		10500	10500				
	SMA Set 3xSI 3.0H	7298							
	Tesvolt TS10 9,6kWh	9120							
	SMA Set 3xSI 6.0H	8218							
	Tesvolt TS10 19,2kWh	15058							
	Tesvolt TSHV 70 67kWh	50540							
	SMA Sunny Tripower 6000TL-20	2211				4421			
	SMA Sunny Tripower 9000TL-20	2698				2698			
	SMA Sunny Tripower 8000TL-20	1816					1816	5448	
	SMA Sunny Tripower 9000TL-20	1923						1923	
	SMA Sunny Tripower 25000TL-30	2769					2769		5538
	ads-tec SRS2028 inkl. NA-Box (28kWh Batterie)	41725				41725			
	Umbau Frequenzumformer	20000						20000	
Material	Installationsmaterial DC		450	3920	3025			2185	4370
	div. Kleinmaterial					700	875		
Diverses	Dienstleistungen Montage		8975	12250	11250			10613	12250
	Fracht			750	650		425	750	1500
	Gärtner Arbeiten		17500	17500	8750			17500	17500
	Anlagenüberwachung			350	350				
	Anschlussarbeiten DC-seitig		6100					3000	6000
	Administrative Arbeiten		3200						
	Allgemein + Datenauswertung		2000					1000	1500
Zusatz	Versicherung 10 Jahre	835		835	835				
	Zaun	2542	2542	2542	2542			2542	2542
Bauseitige Arbeiten	AC Arbeiten + Material bauseits	2000	2000	2500	2500	2000	2000	2000	3000
	Arbeiten Bauseits	500	500			500	500	500	1000

*Tabelle 33: Investitionskosten verschiedener Varianten für den Standort Oedischwend*

Offertenübersicht der Anlagenkosten am Standort Oedischwend																									
Offerierende Solarinstallateure		EW Höfe					iontec						Zusammengestellte Offerten												
Eigenschaften & Komponenten der spezifischen Offerten		1) Modul Hanwha Q	2) Modul Hanwha Q	3) Modul Hanwha Q + Speicher 19,2	4) Modul Hanwha Q + Speicher 28,2		5) Modul Aleo	6) Modul Aleo (exkl. Arbeiten bauseits)	7) Modul Aleo 29,58kWp	8) Modul Aleo 39,04kWp	9) Modul Aleo + Speicher 9,6	10) Modul Aleo + tesvolt 19,2		11) Modul MeyerBurger	12) Modul LG		13) Modul MeyerBurger	14) Modul LG	15) Modul LG + tesvolt 19,2	16) Modul LG + tesvolt 9,6	17) Modul SunTech	20) Modul SunTech + Peak Shaving	18) Modul SunTech 66kWp + Steuerung	19) Modul SunTech 66kWp	20) Modul SunTech 66kWp + Peak Shaving
Nettosumme	[CHF]	57441	71233	86291	82140		51649	62941	65441	84190	72401	76959		67621	52858		81413	66650	81707	75769	49577	100117	129911	109911	160451
Bruttosumme	[CHF]	62036	76932	93194	88711		55781	67977	70677	90925	78194	83116		73030	57086		87926	71981	88244	81831	53543	108126	140304	118704	173287
Investitionskosten																									
Abzüglich	[CHF]	47586	62482	78744	74261		41331	53527	56227	76475	63744	68666		58580	42636		73476	57531	73794	67381	39093	93676	112224	90624	145207
Einmalvergütung																									
spez.																									
Investitionskosten	[CHF/kWp]	1609	2112	2662	2511		1397	1810	1901	1959	2155	2321		1980	1441		2484	1945	2495	2278	1322	3167	1700	1373	2200
nach Originaler Offerte		PV Anlage						komplette PV Anlage (inkl. bauseitige Arbeiten & Gärtnerarbeiten & Zaun)							komplette PV Anlage (inkl. bauseitige Arbeiten & Gärtnerarbeiten & Zaun) & Speicher						günstigste Variante				

**Erklärung:**

In der obigen Auflistung der Tabelle 28 finden sich untereinander die Preise von allen Offerierten Komponenten. Von links nach rechts in den Spalten sind die Solarfirmen welche eine Offerte eingegeben haben. Darunter sind 3 Solarinstallateure und zwei Lieferanten solcher Installateure. Die letzte Spalte mit der Benennung X ist die Preisliste des Autors welche von Preisen weiterer Offerten zusammengestellt wurde. Nach den wichtigsten Komponenten sind Kleinmaterialien oder weitere Dienstleistungen und der jeweilige Preis dazu gelistet. Für die Spalte X wurden die Zeilen Material, Dienstleistungen Montage, Fracht, Anschlussarbeiten DC-seitig und Allgemein + Datenauswertung aus den Offerierten Angeboten abgeleitet. Die Position AC Arbeiten + Material Bauseits wurde aus der Offerte des Elektroinstallateurs eingefügt. Die Position Arbeiten bauseits beinhaltet hauptsächlich die Kernbohrung für den Gebäudeaustritt und wurde vom Autor abgeschätzt. Detaillierte Ausführungen zu den einzelnen Positionen können in dem zusätzlichen Anhang Offerten eingesehen werden.

*Tabelle 34: Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Waisenhaus*

Div												Gestehungskosten			Gewinn			
Jahr	kWh	Stromertrag in [kWh]	Eigenverbrauch in [kWh]	Stromverkauf in [kWh]	EW Vergütung Teuerung	Vergütung Strom [CHF] statisch	Vergütung Strom [CHF] dynamisch	Einsparung [CHF] statisch	Einsparung [CHF] dynamisch	Einnahmen statisch	Einnahmen dynamisch	Betriebsk osten statisch	Betriebskost en total statisch	Betriebskos ten total dynamisch	Einnahmen total statisch	Einnahmen total dynamisch	Gewinn statisch	Gewinn dynamisch NPV
1	983	11 403	3 706	7 697	0,0780	600	583	582	565	1 182	1 148	285	285	277	897	871	-23 476	-23 503
2	983	11 403	3 706	7 697	0,0780	600	566	582	548	1 182	1 114	285	285	269	897	846	-22 579	-22 657
3	983	11 403	3 706	7 697	0,0780	600	549	582	532	1 182	1 082	285	285	261	897	821	-21 682	-21 836
4	983	11 403	3 706	7 697	0,0780	600	533	582	517	1 182	1 050	285	285	253	897	797	-20 785	-21 039
5	983	11 403	3 706	7 697	0,0788	606	523	588	507	1 194	1 030	285	285	246	909	784	-19 876	-20 255
6	975	11 309	3 676	7 634	0,0796	607	509	589	493	1 196	1 002	285	285	239	911	763	-18 965	-19 492
7	967	11 216	3 645	7 571	0,0804	608	495	590	479	1 198	974	285	285	232	913	742	-18 052	-18 749
8	959	11 123	3 615	7 508	0,0812	609	481	591	466	1 200	947	285	285	225	915	722	-17 137	-18 027
9	951	11 029	3 585	7 445	0,0820	610	468	591	453	1 202	921	285	285	218	917	703	-16 220	-17 324
10	943	10 936	3 554	7 382	0,0828	611	455	592	441	1 204	896	285	285	212	919	683	-15 301	-16 641
11	935	10 843	3 524	7 319	0,0836	612	442	593	429	1 205	871	285	285	206	920	665	-14 381	-15 976
12	927	10 749	3 493	7 256	0,0845	613	430	594	417	1 207	846	285	285	200	922	646	-13 460	-15 329
13	919	10 656	3 463	7 193	0,0853	614	418	595	405	1 208	823	285	285	194	923	629	-12 536	-14 701
14	911	10 562	3 433	7 130	0,0862	614	406	595	394	1 210	800	285	285	188	925	611	-11 612	-14 090
15	903	10 469	3 402	7 067	0,0870	615	395	596	383	1 211	777	2 208	2 208	1 417	-997	-640	-12 609	-14 730
16	894	10 376	3 372	7 004	0,0879	616	384	597	372	1 212	755	285	285	178	927	578	-11 682	-14 152
17	886	10 282	3 342	6 941	0,0888	616	373	597	361	1 213	734	285	285	172	928	562	-10 753	-13 590
18	878	10 189	3 311	6 877	0,0897	617	362	598	351	1 214	713	285	285	167	929	546	-9 824	-13 044
19	870	10 095	3 281	6 814	0,0906	617	352	598	341	1 215	693	285	285	163	930	530	-8 894	-12 514
20	862	10 002	3 251	6 751	0,0915	617	342	598	331	1 216	673	285	285	158	931	515	-7 963	-11 998
21	854	9 909	3 220	6 688	0,0924	618	332	599	322	1 217	654	285	285	153	932	501	-7 031	-11 498
22	846	9 815	3 190	6 625	0,0933	618	323	599	313	1 217	635	285	285	149	932	487	-6 099	-11 011
23	838	9 722	3 160	6 562	0,0942	618	313	599	304	1 218	617	285	285	144	933	473	-5 167	-10 539
24	830	9 629	3 129	6 499	0,0952	619	304	599	295	1 218	599	285	285	140	933	459	-4 234	-10 080
25	822	9 535	3 099	6 436	0,0961	619	295	600	286	1 218	582	285	285	136	933	446	-3 300	-9 634
Summe		265 460	86 275	179 186	2,1428	15 297	10 632	14 825	10 304	30 121	20 937	9 048	33 422	30 571	21 073	14 740		
Durchschnitt																590		

*Tabelle 35: Eingabeinformationen für Wirtschaftlichkeit Standort Waisenhaus*

Informationen			Variablen welche geändert werden können
Was	Menge	Einheit	
Anlagengrösse	11,6	kWp	
Kosten pro kWp	1946	Fr./kWp	
Gesamtkosten	22574	Fr	
Jahresproduktion [1-5 Jahren]	983	kWh/kWp	
Jahresproduktion [1-5 Jahren]	11403	kWh	
Gesamtproduktion [5 Jahre]	57014	kWh	
Jahresproduktion [6-25 Jahre]	822	kWh/kWp	
Jahresproduktion [6-25 Jahre]	9535	kWh	
Gesamtproduktion [20 Jahre]	190704	kWh	
Jährliche Betriebskosten	285	Fr	
AC-Einbindung	1800	Fr	
Wechselrichter Ersatz [15Jahren]	1923	Fr	
Investitionskosten total	24374	Fr	
Variable Kosten	7125	Fr	
Eigenverbrauch	32,50%	%	
EW Vergütung für Verkauften Strom	0,078	Fr./kWh	
Teuerung ab viertem Jahr	1,00%	%	
Kosten für bezogenen Strom	0,157	Fr./kWh	
Teuerung ab viertem Jahr	1,00%	%	
Kalkulationszinssatz	3,00%	%	

*Tabelle 36: Resultate der Wirtschaftlichkeit Standort Waisenhaus*

Info	Wert
kWh/a	10618,408
NPV Barwert [CHF]	-9634
Payback stat z(a)	28,92
	28,92
Payback dyn z(a)	41,34
	41,34
z-stat	1,16
z-dyn	1,65
Rendite	1,21%
Rp/kWh	12,59
statisch	Ja
dynamisch	Ja

Sensitivitäten																	
Einfluss verschiedener Faktoren auf den Barwert und den Gewinn nach 25 Jahren																	
Barwert																	
Eingenverbrauchsanteil		-Fr. 9 634	EW Vergütung für Verkauften Strom		-Fr. 9 634	Kosten für bezogenen Strom		-Fr. 9 634	Kosten pro kWp		-Fr. 9 634	Kalkulationszinssatz		-Fr. 9 634	Teuerung für verkauften Strom		-Fr. 9 634
	10%	-Fr. 13 223		0,055	-Fr. 12 769		0,1	-Fr. 13 375		1100	Fr. 180		0,5%	-Fr. 4 601		0,5%	-Fr. 10 036
	20%	-Fr. 11 628		0,065	-Fr. 11 406		0,1258	-Fr. 11 682		1200	-Fr. 980		1%	-Fr. 5 790		1%	-Fr. 9 634
	33%	-Fr. 9 634		0,078	-Fr. 9 634		0,1296	-Fr. 11 432		1400	-Fr. 3 300		1,5%	-Fr. 6 879		2,0%	-Fr. 8 751
	40%	-Fr. 8 437		0,085	-Fr. 8 680		0,157	-Fr. 9 634		1600	-Fr. 5 620		2%	-Fr. 7 876		3%	-Fr. 7 750
	50%	-Fr. 6 842		0,099	-Fr. 6 771		0,1883	-Fr. 7 580		1800	-Fr. 7 940		2,5%	-Fr. 8 792		5,0%	-Fr. 5 322
	60%	-Fr. 5 247		0,11	-Fr. 5 272		0,2133	-Fr. 5 939		1946	-Fr. 9 634		3%	-Fr. 9 634		7%	-Fr. 2 175
	70%	-Fr. 3 651		0,12	-Fr. 3 909		0,25	-Fr. 3 530		2000	-Fr. 10 260		4%	-Fr. 11 123		8,15%	Fr. 45
	80%	-Fr. 2 056		0,14	-Fr. 1 182					2100	-Fr. 11 420		5%	-Fr. 12 392		10%	Fr. 4 405
	90%	-Fr. 460		0,15	Fr. 181												
93%	Fr. 18	0,2	Fr. 6 996														
Gewinn																	
Eingenverbrauchsanteil		-Fr. 3 300	EW Vergütung für Verkauften Strom		-Fr. 3 300	Kosten für bezogenen Strom		-Fr. 3 300	Kosten pro kWp		-Fr. 3 300	Betriebskosten		-Fr. 3 300	Teuerung für verkauften Strom		-Fr. 3 300
	10%	-Fr. 8 465		0,055	-Fr. 7 811		0,1	-Fr. 8 682		1000	Fr. 7 673		0	Fr. 3 825		0,5%	-Fr. 3 982
	20%	-Fr. 6 169		0,065	-Fr. 5 850		0,1258	-Fr. 6 246		1200	Fr. 5 353		153	Fr. 0		1%	-Fr. 3 300
	33%	-Fr. 3 300		0,075	-Fr. 3 889		0,1296	-Fr. 5 887		1400	Fr. 3 033		200	-Fr. 1 175		2,0%	-Fr. 1 793
	40%	-Fr. 1 579		0,078	-Fr. 3 300		0,1570	-Fr. 3 300		1600	Fr. 713		285	-Fr. 3 300		3,1%	Fr. 114
	47%	Fr. 28		0,099	Fr. 818		0,1883	-Fr. 345		1800	-Fr. 1 607		300	-Fr. 3 675		5,0%	Fr. 4 153
	60%	Fr. 3 012		0,108	Fr. 2 583		0,2133	Fr. 2 016		1946	-Fr. 3 300		350	-Fr. 4 925		7%	Fr. 9 698
	70%	Fr. 5 307		0,11	Fr. 2 975		0,25	Fr. 5 481		2000	-Fr. 3 927		400	-Fr. 6 175		8%	Fr. 13 096
	80%	Fr. 7 602		0,12	Fr. 4 936					2100	-Fr. 5 087		500	-Fr. 8 675		10%	Fr. 21 474
	90%	Fr. 9 897		0,14	Fr. 8 859												
100%	Fr. 12 193	0,16	Fr. 12 781														



*Tabelle 38: Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Gerenau*

Div												Gestehungskosten			Gewinn			
Jahr	kWh	Stromertrag in [kWh]	Eigenverbrauch in [kWh]	Stromverkauf in [kWh]	EW Vergütung Teuerung	Vergütung Strom [CHF] statisch	Vergütung Strom [CHF] dynamisch	Einsparung [CHF] statisch	Einsparung [CHF] dynamisch	Einnahmen statisch	Einnahmen dynamisch	Betriebsk osten statisch	Betriebskost en total statisch	Betriebskos ten total dynamisch	Einnahmen total statisch	Einnahmen total dynamisch	Gewinn statisch	Gewinn dynamisch NPV
1	982	27 339	3 226	24 113	0,0780	1 881	1 826	476	462	2 357	2 288	683	683	664	1 673	1 625	-51 984	-52 033
2	982	27 339	3 226	24 113	0,0780	1 881	1 773	476	449	2 357	2 222	683	683	644	1 673	1 577	-50 311	-50 456
3	982	27 339	3 226	24 113	0,0780	1 881	1 721	476	436	2 357	2 157	683	683	625	1 673	1 531	-48 637	-48 924
4	982	27 339	3 226	24 113	0,0780	1 881	1 671	476	423	2 357	2 094	683	683	607	1 673	1 487	-46 964	-47 437
5	982	27 339	3 226	24 113	0,0788	1 900	1 639	481	415	2 381	2 053	683	683	590	1 697	1 464	-45 267	-45 974
6	974	27 116	3 200	23 916	0,0796	1 903	1 594	482	403	2 385	1 997	683	683	572	1 701	1 425	-43 566	-44 549
7	966	26 893	3 173	23 720	0,0804	1 906	1 550	483	392	2 389	1 942	683	683	556	1 705	1 387	-41 860	-43 162
8	958	26 671	3 147	23 524	0,0812	1 909	1 507	483	382	2 393	1 889	683	683	540	1 709	1 349	-40 151	-41 813
9	950	26 448	3 121	23 327	0,0820	1 912	1 466	484	371	2 396	1 837	683	683	524	1 713	1 313	-38 438	-40 500
10	942	26 225	3 095	23 131	0,0828	1 915	1 425	485	361	2 400	1 786	683	683	509	1 717	1 277	-36 721	-39 223
11	934	26 003	3 068	22 934	0,0836	1 918	1 386	486	351	2 403	1 736	683	683	494	1 720	1 243	-35 002	-37 980
12	926	25 780	3 042	22 738	0,0845	1 921	1 347	486	341	2 407	1 688	683	683	479	1 723	1 209	-33 278	-36 771
13	918	25 557	3 016	22 541	0,0853	1 923	1 309	487	332	2 410	1 641	683	683	465	1 726	1 176	-31 552	-35 596
14	910	25 334	2 989	22 345	0,0862	1 925	1 273	487	322	2 413	1 595	683	683	452	1 729	1 143	-29 823	-34 453
15	902	25 112	2 963	22 149	0,0870	1 927	1 237	488	313	2 415	1 550	6 131	6 131	3 936	-3 716	-2 385	-33 539	-36 838
16	894	24 889	2 937	21 952	0,0879	1 929	1 202	488	304	2 418	1 507	683	683	426	1 734	1 081	-31 804	-35 757
17	886	24 666	2 911	21 756	0,0888	1 931	1 168	489	296	2 420	1 464	683	683	414	1 737	1 051	-30 068	-34 706
18	878	24 444	2 884	21 559	0,0897	1 933	1 135	489	287	2 422	1 423	683	683	401	1 739	1 021	-28 329	-33 685
19	870	24 221	2 858	21 363	0,0906	1 935	1 103	490	279	2 424	1 383	683	683	390	1 741	993	-26 588	-32 692
20	862	23 998	2 832	21 166	0,0915	1 936	1 072	490	271	2 426	1 343	683	683	378	1 743	965	-24 846	-31 727
21	854	23 775	2 805	20 970	0,0924	1 937	1 041	490	264	2 428	1 305	683	683	367	1 744	938	-23 102	-30 790
22	846	23 553	2 779	20 773	0,0933	1 938	1 012	491	256	2 429	1 268	683	683	357	1 745	911	-21 356	-29 879
23	838	23 330	2 753	20 577	0,0942	1 939	982	491	249	2 430	1 231	683	683	346	1 746	885	-19 610	-28 994
24	830	23 107	2 727	20 381	0,0952	1 940	954	491	242	2 431	1 196	683	683	336	1 747	860	-17 862	-28 135
25	822	22 884	2 700	20 184	0,0961	1 940	927	491	235	2 431	1 161	683	683	326	1 748	835	-16 114	-27 300
Summe		636 701	75 131	561 570	2,1428	47 941	33 321	12 137	8 436	60 078	41 756	22 535	76 193	69 056	37 544	26 358		
Durchschnitt																1 054		

Tabelle 39: Eingabeinformationen für Wirtschaftlichkeit Standort Gerenau

Informationen			
Was	Menge	Einheit	
Anlagengrösse	27,84	kWp	
Kosten pro kWp	1838	Fr./kWp	
Gesamtkosten	51158	Fr	
Jahresproduktion [1-5 Jahren]	982	kWh/kWp	
Jahresproduktion [1-5 Jahren]	27339	kWh	
Gesamtproduktion [5 Jahre]	136694,4	kWh	
Jahresproduktion [6-25 Jahre]	822	kWh/kWp	
Jahresproduktion [6-25 Jahre]	22884	kWh	
Gesamtproduktion [20 Jahre]	457689,6	kWh	
Jährliche Betriebskosten	683	Fr	Variablen welche geändert werden können
AC-Einbindung	2500	Fr	
Wechselrichter Ersatz [15Jahren]	5448	Fr	
Investitionskosten total	53658	Fr	
Variable Kosten	17087	Fr	
Eigenverbrauch	11,80%	%	
EW Vergütung für Verkauften Strom	0,078	Fr./kWh	
Teuerung ab viertem Jahr	1,00%	%	
Kosten für bezogenen Strom	0,1476	Fr./kWh	
Teuerung ab viertem Jahr	1,00%	%	
Kalkulationszinssatz	3,00%	%	

Tabelle 40: Resultate der Wirtschaftlichkeit Standort Gerenau

Info	Wert
kWh/a	25468,032
NPV Barwert [CHF]	-27300
Payback stat z(a)	35,73
	35,73
Payback dyn z(a)	50,89
	50,89
z-stat	1,43
z-dyn	2,04
Rendite	0,98%
Rp/kWh	11,97
statisch	Ja
dynamisch	Ja

Tabelle 41: Sensitivitäten der Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Gerenau

Sensitivitäten																	
Einfluss verschiedener Faktoren auf den Barwert und den Gewinn nach 25 Jahren																	
Barwert																	
Eigenverbrauchsanteil		-Fr. 27 300	EW Vergütung für Verkaufte Strom		-Fr. 27 300	Kosten für bezogenen Strom		-Fr. 27 300	Kosten pro kWp		-Fr. 27 300	Kalkulationszinssatz		-Fr. 27 300	Teuerung für verkaufte Strom		-Fr. 27 300
	12%	-Fr. 27 300		0,055	-Fr. 37 125		0,1	-Fr. 30 020		850	Fr. 194		0,5%	-Fr. 18 415		0,5%	-Fr. 28 559
	20%	-Fr. 24 536		0,065	-Fr. 32 853		0,1164	-Fr. 29 083		1200	-Fr. 9 550		1%	-Fr. 20 516		1%	-Fr. 27 300
	30%	-Fr. 21 164		0,078	-Fr. 27 300		0,1296	-Fr. 28 328		1400	-Fr. 15 118		1,5%	-Fr. 22 438		2,0%	-Fr. 24 533
	40%	-Fr. 17 793		0,085	-Fr. 24 309		0,1476	-Fr. 27 300		1600	-Fr. 20 686		2%	-Fr. 24 199		3%	-Fr. 21 396
	50%	-Fr. 14 422		0,099	-Fr. 18 329		0,1826	-Fr. 25 299		1800	-Fr. 26 254		2,5%	-Fr. 25 815		5,0%	-Fr. 13 781
	60%	-Fr. 11 051		0,11	-Fr. 13 630		0,2139	-Fr. 23 511		1838	-Fr. 27 300		3%	-Fr. 27 300		7%	-Fr. 3 917
	73%	-Fr. 6 838		0,12	-Fr. 9 358		0,63	Fr. 271		2000	-Fr. 31 822		4%	-Fr. 29 925		7,70%	Fr. 192
	80%	-Fr. 4 309		0,13	-Fr. 5 086					2100	-Fr. 34 606		5%	-Fr. 32 162		10%	Fr. 16 712
	90%	-Fr. 938		0,145	Fr. 1 322												
93%	Fr. 73	0,2	Fr. 24 817														
Gewinn																	
Eigenverbrauchsanteil		-Fr. 16 114	EW Vergütung für Verkaufte Strom		-Fr. 16 114	Kosten für bezogenen Strom		-Fr. 16 114	Kosten pro kWp		-Fr. 16 114	Betriebskosten		-Fr. 16 114	Teuerung für verkaufte Strom		-Fr. 16 114
	12%	-Fr. 16 114		0,055	-Fr. 30 251		0,1	-Fr. 20 029		1000	Fr. 7 204		35	Fr. 97		0,5%	-Fr. 18 252
	20%	-Fr. 12 137		0,065	-Fr. 24 105		0,1164	-Fr. 18 680		1250	Fr. 244		153	-Fr. 2 853		1%	-Fr. 16 114
	25%	-Fr. 9 712		0,075	-Fr. 17 958		0,1296	-Fr. 17 595		1400	-Fr. 3 932		200	-Fr. 4 028		2,0%	-Fr. 11 391
	40%	-Fr. 2 437		0,078	-Fr. 16 114		0,1476	-Fr. 16 114		1600	-Fr. 9 500		285	-Fr. 6 153		2,5%	-Fr. 8 782
	46%	Fr. 473		0,088	-Fr. 9 968		0,1826	-Fr. 13 236		1838	-Fr. 16 114		300	-Fr. 6 528		4,0%	Fr. 182
	60%	Fr. 7 263		0,108	Fr. 2 324		0,2139	-Fr. 10 663		1946	-Fr. 19 133		350	-Fr. 7 778		7%	Fr. 24 635
	70%	Fr. 12 113		0,11	Fr. 3 554		0,35	Fr. 529		2000	-Fr. 20 636		400	-Fr. 9 028		8%	Fr. 35 288
	80%	Fr. 16 964		0,12	Fr. 9 700					2100	-Fr. 23 420		500	-Fr. 11 528		10%	Fr. 61 555
	90%	Fr. 21 814		0,14	Fr. 21 993												
100%	Fr. 26 664	0,16	Fr. 34 285														

*Tabelle 42: Wirtschaftlichkeitsrechnung Standort Oedischwend*

Div												Gestehungskosten			Gewinn			
Jahr	kWh	Stromertrag in [kWh]	Eigenverbrauch in [kWh]	Stromverkauf in [kWh]	EW Vergütung Teuerung	Vergütung Strom [CHF] statisch	Vergütung Strom [CHF] dynamisch	Einsparung [CHF] statisch	Einsparung [CHF] dynamisch	Einnahmen statisch	Einnahmen dynamisch	Betriebsk osten statisch	Betriebskost en total statisch	Betriebskos ten total dynamisch	Einnahmen total statisch	Einnahmen total dynamisch	Gewinn statisch	Gewinn dynamisch NPV
1	980	28 988	6 725	22 263	0,0780	1 737	1 686	1 042	1 011	2 778	2 697	725	725	704	2 054	1 994	-53 973	-54 033
2	980	28 988	6 725	22 263	0,0780	1 737	1 637	1 042	982	2 778	2 619	725	725	683	2 054	1 936	-51 920	-52 097
3	980	28 988	6 725	22 263	0,0780	1 737	1 589	1 042	953	2 778	2 543	725	725	663	2 054	1 879	-49 866	-50 218
4	980	28 988	6 725	22 263	0,0780	1 737	1 543	1 042	926	2 778	2 468	725	725	644	2 054	1 825	-47 813	-48 393
5	980	28 988	6 725	22 263	0,0788	1 754	1 513	1 052	908	2 806	2 421	725	725	625	2 081	1 795	-45 731	-46 598
6	972	28 755	6 671	22 084	0,0796	1 757	1 472	1 054	883	2 811	2 354	725	725	607	2 087	1 747	-43 645	-44 851
7	964	28 521	6 617	21 904	0,0804	1 760	1 431	1 056	859	2 816	2 290	725	725	589	2 092	1 701	-41 553	-43 150
8	956	28 287	6 563	21 725	0,0812	1 763	1 392	1 058	835	2 821	2 227	725	725	572	2 096	1 655	-39 457	-41 495
9	948	28 054	6 508	21 545	0,0820	1 766	1 354	1 060	812	2 826	2 166	725	725	555	2 101	1 610	-37 355	-39 885
10	941	27 820	6 454	21 366	0,0828	1 769	1 316	1 061	790	2 830	2 106	725	725	539	2 106	1 567	-35 250	-38 318
11	933	27 586	6 400	21 186	0,0836	1 772	1 280	1 063	768	2 835	2 048	725	725	524	2 110	1 524	-33 140	-36 794
12	925	27 353	6 346	21 007	0,0845	1 774	1 244	1 064	747	2 839	1 991	725	725	508	2 114	1 483	-31 026	-35 311
13	917	27 119	6 292	20 827	0,0853	1 777	1 210	1 066	726	2 843	1 936	725	725	493	2 118	1 442	-28 908	-33 869
14	909	26 885	6 237	20 648	0,0862	1 779	1 176	1 067	706	2 846	1 882	725	725	479	2 122	1 403	-26 786	-32 466
15	901	26 652	6 183	20 468	0,0870	1 781	1 143	1 069	686	2 850	1 829	4 125	4 125	2 647	-1 275	-818	-28 061	-33 285
16	893	26 418	6 129	20 289	0,0879	1 783	1 111	1 070	667	2 853	1 778	725	725	452	2 128	1 326	-25 933	-31 958
17	885	26 184	6 075	20 109	0,0888	1 785	1 080	1 071	648	2 856	1 728	725	725	438	2 131	1 290	-23 802	-30 669
18	877	25 951	6 021	19 930	0,0897	1 787	1 050	1 072	630	2 859	1 679	725	725	426	2 134	1 254	-21 668	-29 415
19	869	25 717	5 966	19 751	0,0906	1 789	1 020	1 073	612	2 861	1 632	725	725	413	2 137	1 219	-19 531	-28 197
20	862	25 483	5 912	19 571	0,0915	1 790	991	1 074	595	2 864	1 586	725	725	401	2 139	1 184	-17 392	-27 012
21	854	25 249	5 858	19 392	0,0924	1 791	963	1 075	578	2 866	1 541	725	725	390	2 141	1 151	-15 251	-25 861
22	846	25 016	5 804	19 212	0,0933	1 792	935	1 075	561	2 868	1 497	725	725	378	2 143	1 118	-13 107	-24 743
23	838	24 782	5 749	19 033	0,0942	1 793	909	1 076	545	2 869	1 454	725	725	367	2 145	1 087	-10 963	-23 656
24	830	24 548	5 695	18 853	0,0952	1 794	883	1 076	530	2 871	1 412	725	725	357	2 146	1 056	-8 817	-22 600
25	822	24 315	5 641	18 674	0,0961	1 795	857	1 077	514	2 872	1 372	725	725	346	2 147	1 026	-6 669	-21 575
Summe		675 637	156 748	518 889	2,1428	44 300	30 785	26 576	18 468	70 875	49 254	21 518	77 545	70 829	49 357	34 452		
Durchschnitt																1 378		

Tabelle 43: Eingabeinformationen für Wirtschaftlichkeit Standort Oedischwend

Informationen			Variablen welche geändert werden können
Was	Menge	Einheit	
Anlagengrösse	29,58	kWp	
Kosten pro kWp	1810	Fr./kWp	
Gesamtkosten	53527	Fr	
Jahresproduktion [1-5 Jahren]	980	kWh/kWp	
Jahresproduktion [1-5 Jahren]	28988	kWh	
Gesamtproduktion [5 Jahre]	144942	kWh	
Jahresproduktion [6-25 Jahre]	822	kWh/kWp	
Jahresproduktion [6-25 Jahre]	24315	kWh	
Gesamtproduktion [20 Jahre]	486295,2	kWh	
Jährliche Betriebskosten	725	Fr	
AC-Einbindung	2500	Fr	
Wechselrichter Ersatz [15Jahren]	3400	Fr	
Investitionskosten total	56027	Fr	
Variable Kosten	18117,75	Fr	
Eigenverbrauch	23,20%	%	
EW Vergütung für Verkauften Strom	0,078	Fr./kWh	
Teuerung ab viertem Jahr	1,00%	%	
Kosten für bezogenen Strom	0,1549	Fr./kWh	
Teuerung ab viertem Jahr	1,00%	%	
Kalkulationszinssatz	3,00%	%	

Tabelle 44: Resultate der Wirtschaftlichkeit Standort Oedischwend

Info	Wert
kWh/a	27025,4712
NPV Barwert [CHF]	-21575
Payback stat z(a)	28,38
	28,38
Payback dyn z(a)	40,66
	40,66
z-stat	1,14
z-dyn	1,63
Rendite	1,23%
Rp/kWh	11,48
statisch	Ja
dynamisch	Ja

Sensitivitäten																	
Einfluss verschiedener Faktoren auf den Barwert und den Gewinn nach 25 Jahren																	
Barwert																	
Eingenverbrauchsanteil		-Fr. 21 575	EW Vergütung für Verkauften Strom		-Fr. 21 575	Kosten für bezogenen Strom		-Fr. 21 575	Kosten pro kWp		-Fr. 21 575	Kalkulationszinssatz		-Fr. 21 575	Teuerung für verkauften Strom		-Fr. 21 575
	12%	-Fr. 26 080		0,055	-Fr. 30 653		0,1	-Fr. 28 120		1080	Fr. 6		0,1%	-Fr. 7 304		0,5%	-Fr. 22 739
	23%	-Fr. 21 575		0,065	-Fr. 26 706		0,1164	-Fr. 26 165		1330	-Fr. 7 389		1%	-Fr. 12 528		1%	-Fr. 21 575
	30%	-Fr. 18 887		0,078	-Fr. 21 575		0,1296	-Fr. 24 591		1400	-Fr. 9 460		1,5%	-Fr. 15 089		2,0%	-Fr. 19 017
	40%	-Fr. 14 935		0,085	-Fr. 18 812		0,1549	-Fr. 21 575		1600	-Fr. 15 376		2%	-Fr. 17 437		3%	-Fr. 16 117
	50%	-Fr. 10 983		0,099	-Fr. 13 286		0,1826	-Fr. 18 272		1800	-Fr. 21 292		2,5%	-Fr. 19 593		5,0%	-Fr. 9 078
	60%	-Fr. 7 031		0,11	-Fr. 8 945		0,2139	-Fr. 14 540		1895	-Fr. 24 102		3%	-Fr. 21 575		5,5%	-Fr. 7 015
	73%	-Fr. 2 091		0,12	-Fr. 4 998		0,34	Fr. 494		2000	-Fr. 27 208		4%	-Fr. 25 081		6,00%	-Fr. 4 815
	80%	Fr. 873		0,13	-Fr. 1 051					2100	-Fr. 30 166		5%	-Fr. 28 070		7%	Fr. 42
	90%	Fr. 4 825		0,14	Fr. 2 896												
100%	Fr. 8 777	0,2	Fr. 26 577														
Gewinn																	
Eingenverbrauchsanteil		-Fr. 6 669	EW Vergütung für Verkauften Strom		-Fr. 6 669	Kosten für bezogenen Strom		-Fr. 6 669	Kosten pro kWp		-Fr. 6 669	Betriebskosten		-Fr. 6 669	Teuerung für verkauften Strom		-Fr. 6 669
	10%	-Fr. 14 176		0,055	-Fr. 19 732		0,1	-Fr. 16 088		1000	Fr. 17 277		300	Fr. 3 948		0,1%	-Fr. 10 135
	16%	-Fr. 10 764		0,065	-Fr. 14 053		0,1164	-Fr. 13 275		1200	Fr. 11 361		450	Fr. 198		1%	-Fr. 6 669
	23%	-Fr. 6 669		0,071	-Fr. 10 645		0,1296	-Fr. 11 010		1580	Fr. 121		500	-Fr. 1 052		2,0%	-Fr. 2 302
	35%	Fr. 41		0,078	-Fr. 6 669		0,1549	-Fr. 6 669		1700	-Fr. 3 429		725	-Fr. 6 669		2,5%	Fr. 110
	50%	Fr. 8 571		0,088	-Fr. 990		0,1826	-Fr. 1 917		1895	-Fr. 9 197		800	-Fr. 8 552		5,0%	Fr. 14 932
	60%	Fr. 14 258		0,09	Fr. 146		0,2139	Fr. 3 453		1946	-Fr. 10 705		900	-Fr. 11 052		7%	Fr. 31 007
	70%	Fr. 19 945		0,11	Fr. 11 505		0,23	Fr. 6 215		2000	-Fr. 12 303		1000	-Fr. 13 552		8%	Fr. 40 857
	80%	Fr. 25 632		0,12	Fr. 17 184					2100	-Fr. 15 261		1200	-Fr. 18 552		10%	Fr. 65 144
	90%	Fr. 31 319		0,14	Fr. 28 543												
100%	Fr. 37 005	0,16	Fr. 39 902														

## Anhang 21

Tabelle 46: Tarifpreise EKZ (EKZ Tarifsammlung, 2016) & (EKZ Tarifsammlung, 2017)

Tarife EKZ					
Jahr 16			Jahr 17		
EKZ Mixstrom Gewerbe	HT		8,1	7	Rp./kWh (exkl.)
	NT		6,15	5,7	Rp./kWh (exkl.)
EKZ Naturstrom basic Gewerbe	HT		9,1	8	Rp./kWh (exkl.)
	NT		7,15	6,7	Rp./kWh (exkl.)
EKZ Naturstrom star Gewerbe	HT		11,6	10,5	Rp./kWh (exkl.)
	NT		9,65	9,2	Rp./kWh (exkl.)
Grundpreis			5	5	Fr./Mt. (exkl.)
Grundpreis			60	60	Fr./Mt. (exkl.)
Grundpreis pro kWh Waisenhaus				0,067	Rp./kWh
Grundpreis pro kWh Gerenau				0,127	Rp./kWh
Netznutzung Arbeitspreise	HT		9,6	8,7	Rp./kWh (exkl.)
	NT		3,75	3,75	Rp./kWh (exkl.)
EKZ Netz 400LS	HT		6,9	6,2	Rp./kWh (exkl.)
	NT		2,4	2,4	Rp./kWh (exkl.)
Leistungspreis	Monatsmax.		3,05	3,05	Fr./kW (exkl.)
Systmdienstleistungen SDL			0,45	0,4	Rp./kWh (exkl.)
Bundesabgaben			1,3	1,5	Rp./kWh (exkl.)
Förderung EE			0,16	0,16	Rp./kWh (exkl.)
BONUS von 8%					
18,83	Waisenhaus HT	17,89	Gerenau HT	16,26	Oedischwend HT
12,58	Waisenhaus NT	11,64	Gerenau NT	11,16	Oedischwend NT
15,70	mix HT/NT	14,76	mix HT/NT	15,49	mix HT/NT
21,33	Waisenhaus HT star	21,39	Gerenau HT star	18,76	Oedischwend HT star
15,08	Waisenhaus NT star	15,14	Gerenau NT star	14,96	Oedischwend NT star
18,20	mix 50/50 HT/NT star	18,26	mix 50/50 HT/NT star	18,64	mix 50/50 HT/NT star
Tarife EKZ					
Jahr 16			Jahr 17		
Vergütungspreise unter 150kVA	HT		7,5	6,5	Rp./kWh (exkl.)
	NT		5,7	5,3	Rp./kWh (exkl.)
Tarifzeiten	Mo-Fr	HT	07.00-20.00		
	Sa	HT	07.00-13.00		
		NT	übrige Zeit		
Lastgangmessung und Datenaustausch pro Monat				25	Fr./Mt. (exkl.)
BONUS von 8%					

## Anhang 22

Stadt Wädenswil Werke

Sophia Rudin (Energiebeauftragte / Projektleiterin)

Eintrachtstrasse 24

8820 Wädenswil

sophia.rudin@waedenswil.ch

+41 44 789 75 08

- *Kontaktperson bei den Werken, Datenbeschaffung*

Stadt Wädenswil Werke

Zvezdan Paunovic (Brunnenmeister)

8820 Wädenswil

Zvezdan.Paunovic@waedenswil.ch

+41 44 789 75 05

- *Kontaktperson bei den Werken, Datenbeschaffung*

Star Unity AG

Andreas Rupp

Seestrasse 315

8804 Au

Andreas.rupp@starunity.ch

+41 79 2376701

- *Herr Rupp offerierte die Anlage Waisenhaus*

EW Höfe AG

Fabian Zahner (Energiedienstleistungen)

Schwerzistrasse 37

Postfach 447

8807 Freienbach

fabian.zahner@ewh.ch

+41 55 415 31 11

- *Herr Zahner offerierte die Anlage Waisenhaus, Gerenau und Oedischwend*



IONTEC

Christian Keller  
Säumerstrasse 10  
8805 Richterswil  
Christian.Keller@iontec.ch  
+43 810 22 48

- *Herr Keller offerierte die Anlage Waisenhaus, Gerenau und Oedischwend*

Brupbacher Gatti  
Patrik Eggimann  
Moosacherstr.4  
8820 Wädenswil  
patrik.eggimann@brupbacher-gatti.ch  
+44 782 61 18

- *Herr Eggimann offerierte die AC-seitigen Materialien und Arbeiten*

Alpsteinzaun (Zaunteam)  
Ephraim Huber  
Bächigenstrasse 5  
9212 Arnegg  
Ephraim.huber@zaunteam.ch  
+71 388 08 20

- *Herr Huber offerierte 2 Zäune für den Standort Oedischwend*

Ernst Schweizer AG, Metallbau  
Markus Regenass  
Bahnhofplatz 11  
8908 Hedingen  
markus.regenass@schweizer-metallbau.ch  
+41 44 763 60 42

- *Herr Regenass offerierte die Aufständigung*

MEYER BURGER (Switzerland) AG  
Kurt Göggel (Verkaufsberater PV-Systeme)  
Schorenstrasse 39  
3645 Gwatt Thun  
Kurt.Goeggel@meyerburger.com  
+41 79 617 43 21

- *Herr Göggel lieferte die Preise für ihre Module und die Aufständigung*
-

Ecocoach AG  
Florian Oechslin  
Lückenstrasse 34  
6430 Schwyz  
florian.oechslin@ecocoach.com  
+41 41 811 41 41

- *Herr Oechslin offerierte die Speichersysteme von tesvolt*

Fankhauser solar AG  
Andreas Kaiser  
Industriestrasse 22  
2545 Selzach  
a.kaiser@fankhauser-solar.ch  
+41 / (0)32 644 28 15

- *Herr Kaiser offerierte Material für die Anlage Waisenhaus, Gerenau und Oedischwend*

Krannich Solar AG  
Andreas Koch  
Bodenackerstrasse 1  
8957 Spreitenbach  
a.koch@ch.krannich-solar.com  
+41 56 500 40 65

- *Herr Koch offerierte Material für die Anlage Waisenhaus*

Meier Elektronik AG  
Gewerbezone 61  
6018 Buttisholz  
+41041 497 31 04

- *Die Firma offerierte telefonisch die Kosten für einen Frequenzumformer*
-

*Tabelle 47: Wirtschaftlichkeitsrechnung für alle drei Standorte zusammen*

Div												Gestehungskosten			Gewinn			
Jahr	kWh	Stromertrag in [kWh]	Eigenverbrauch in [kWh]	Stromverkauf in [kWh]	EW Vergütung Teuerung	Vergütung Strom [CHF] statisch	Vergütung Strom [CHF] dynamisch	Einsparung [CHF] statisch	Einsparung [CHF] dynamisch	Einnahmen statisch	Einnahmen dynamisch	Betriebsk osten statisch	Betriebskost en total statisch	Betriebskos ten total dynamisch	Einnahmen total statisch	Einnahmen total dynamisch	Gewinn statisch	Gewinn dynamisch NPV
1	981	67 709	13 542	54 167	0,0780	4 225	4 102	2 072	2 012	6 297	6 113	-2 057	-2 057	-1 997	8 354	8 111	-83 373	-83 617
2	981	67 709	13 542	54 167	0,0780	4 225	3 982	2 072	1 953	6 297	5 935	-2 057	-2 057	-1 939	8 354	7 875	-75 019	-75 742
3	981	67 709	13 542	54 167	0,0780	4 225	3 866	2 072	1 896	6 297	5 763	-2 057	-2 057	-1 883	8 354	7 645	-66 665	-68 097
4	981	67 709	13 542	54 167	0,0780	4 225	3 754	2 072	1 841	6 297	5 595	-2 057	-2 057	-1 828	8 354	7 423	-58 311	-60 674
5	981	67 709	13 542	54 167	0,0788	4 267	3 681	2 093	1 805	6 360	5 486	-2 057	-2 057	-1 775	8 417	7 261	-49 894	-53 413
6	973	67 160	13 432	53 728	0,0796	4 275	3 580	2 096	1 756	6 371	5 336	-2 057	-2 057	-1 723	8 429	7 059	-41 465	-46 355
7	965	66 611	13 322	53 289	0,0804	4 282	3 482	2 100	1 708	6 383	5 190	-2 057	-2 057	-1 673	8 440	6 862	-33 025	-39 492
8	957	66 062	13 212	52 850	0,0812	4 290	3 386	2 104	1 661	6 393	5 047	-2 057	-2 057	-1 624	8 451	6 671	-24 574	-32 821
9	949	65 514	13 103	52 411	0,0820	4 297	3 293	2 107	1 615	6 404	4 908	-2 057	-2 057	-1 577	8 461	6 485	-16 114	-26 337
10	941	64 965	12 993	51 972	0,0828	4 303	3 202	2 110	1 570	6 413	4 772	-2 057	-2 057	-1 531	8 471	6 303	-7 643	-20 034
11	933	64 416	12 883	51 533	0,0836	4 310	3 113	2 113	1 527	6 423	4 640	-2 057	-2 057	-1 486	8 480	6 126	837	-13 907
12	925	63 868	12 774	51 094	0,0845	4 316	3 027	2 116	1 484	6 432	4 511	-2 057	-2 057	-1 443	8 489	5 954	9 326	-7 953
13	917	63 319	12 664	50 655	0,0853	4 321	2 943	2 119	1 443	6 440	4 386	-2 057	-2 057	-1 401	8 498	5 786	17 824	-2 167
14	909	62 770	12 554	50 216	0,0862	4 327	2 860	2 122	1 403	6 448	4 263	-2 057	-2 057	-1 360	8 506	5 623	26 330	3 456
15	902	62 222	12 444	49 777	0,0870	4 332	2 780	2 124	1 363	6 456	4 144	10 852	10 852	6 965	-4 396	-2 821	21 934	635
16	894	61 673	12 335	49 338	0,0879	4 336	2 702	2 127	1 325	6 463	4 028	-2 057	-2 057	-1 282	8 520	5 310	30 454	5 944
17	886	61 124	12 225	48 899	0,0888	4 341	2 626	2 129	1 288	6 470	3 914	-2 057	-2 057	-1 245	8 527	5 159	38 981	11 103
18	878	60 575	12 115	48 460	0,0897	4 345	2 552	2 131	1 252	6 476	3 804	-2 057	-2 057	-1 208	8 533	5 012	47 514	16 115
19	870	60 027	12 005	48 021	0,0906	4 349	2 480	2 132	1 216	6 481	3 696	-2 057	-2 057	-1 173	8 538	4 869	56 052	20 985
20	862	59 478	11 896	47 582	0,0915	4 352	2 410	2 134	1 182	6 486	3 591	-2 057	-2 057	-1 139	8 543	4 730	64 596	25 715
21	854	58 929	11 786	47 143	0,0924	4 355	2 341	2 136	1 148	6 490	3 489	-2 057	-2 057	-1 106	8 548	4 595	73 143	30 310
22	846	58 381	11 676	46 704	0,0933	4 358	2 274	2 137	1 115	6 494	3 389	-2 057	-2 057	-1 074	8 552	4 463	81 695	34 773
23	838	57 832	11 566	46 265	0,0942	4 360	2 209	2 138	1 083	6 498	3 292	-2 057	-2 057	-1 042	8 555	4 335	90 250	39 108
24	830	57 283	11 457	45 827	0,0952	4 362	2 146	2 139	1 052	6 500	3 198	-2 057	-2 057	-1 012	8 558	4 210	98 808	43 317
25	822	56 734	11 347	45 388	0,0961	4 363	2 084	2 140	1 022	6 502	3 106	-2 057	-2 057	-983	8 560	4 088	107 367	47 406
Summe		1 577 487	315 497	1 261 989	2,1428	107 738	74 877	52 833	36 718	160 572	111 595	-38 523	53 204	64 189	199 095	139 133		
Durchschnitt																5 565		

Tabelle 48: Eingabeinformationen für Wirtschaftlichkeit aller Standorte zusammen

Informationen			
Was	Menge	Einheit	
Anlagengrösse	69,02	kWp	
Kosten pro kWp	1275	Fr./kWp	
Gesamtkosten	87977	Fr	
Jahresproduktion [1-5 Jahren]	981	kWh/kWp	
Jahresproduktion [1-5 Jahren]	67709	kWh	
Gesamtproduktion [5 Jahre]	338543,1	kWh	
Jahresproduktion [6-25 Jahre]	822	kWh/kWp	
Jahresproduktion [6-25 Jahre]	56734	kWh	
Gesamtproduktion [20 Jahre]	1134688,8	kWh	
Jährliche Betriebskosten	-2057	Fr	Variablen welche geändert werden können
AC-Einbindung	3750	Fr	
Wechselrichter Ersatz [15Jahren]	12909	Fr	
Investitionskosten total	91727	Fr	
Variable Kosten	-51432,1125	Fr	
Eigenverbrauch	20,00%	%	
EW Vergütung für Verkauften Strom	0,078	Fr./kWh	
Teuerung ab viertem Jahr	1,00%	%	
Kosten für bezogenen Strom	0,153	Fr./kWh	
Teuerung ab viertem Jahr	1,00%	%	
Kalkulationszinssatz	3,00%	%	

Tabelle 49: Resultate der Wirtschaftlichkeit aller Standorte zusammen

	Info	Wert
	kWh/a	63099,4644
	NPV Barwert [CHF]	47406
	Payback stat z(a)	11,52
		11,52
	Payback dyn z(a)	16,48
		16,48
	z-stat	0,46
	z-dyn	0,66
	Rendite	3,03%
	Rp/kWh	3,37
	statisch	Ja
	dynamisch	Ja

*Tabelle 50: Punktevergabe der Nutzwertanalyse*

Bewertungen

Stromautarkie	
0%	
10%	1
20%	2
30%	3
40%	4
50%	5
60%	6
70%	7
80%	8
90%	9
100%	10

Investition	
0	10
10000	9
20000	8
30000	7
40000	6
50000	5
60000	4
70000	3
80000	2
90000	1
100000	0

Betriebskosten	
100	10
200	9
300	8
400	7
500	6
600	5
700	4
800	3
900	2
1 000	1

Barwert	
-50 000	1
-40 000	2
-30 000	3
-20 000	4
-10 000	5
0	6
10 000	7
20 000	8
30 000	9
40 000	10
>50000	10

Gestehungskosten	
0,0	10
1,0	9,5
2,0	9
3,0	8,5
4,0	8
5,0	7,5
6,0	7
7,0	6,5
8,0	6
9,0	5,5
10,0	5
11,0	4,5
12,0	4
13,0	3,5
14,0	3
15,0	2,5
16,0	2
17,0	1,5
18,0	1
19,0	0,5
20,0	0

spez. Investitionskosten	
1000	10
1100	9,5
1200	9
1300	8,5
1400	8
1500	7,5
1600	7
1700	6,5
1800	6
1900	5,5
2000	5
2100	4,5
2200	4
2300	3,5
2400	3
2500	2,5
2600	2
2700	1,5
2800	1
2900	0,5
3000	0

Co2 Emissionen	
1 000	0
5 000	1
10 000	2
15 000	3
20 000	4
25 000	5
30 000	6
35 000	7
40 000	8
45 000	9
50 000	10

lokale Wertschöpfung	
Investiton	
0	0
10000	3,0
20000	3,8
30000	4,6
40000	5,3
50000	6,1
60000	6,9
70000	7,7
80000	8,5
90000	9,2
100000	10,0
Solarteure nein	

Eigenverbrauchsquote	
0%	
10%	1
20%	2
30%	3
40%	4
50%	5
60%	6
70%	7
80%	8
90%	9
100%	10

Amortisation	
>25	0
25,0	1,36
24,0	1,72
23,0	2,08
22,0	2,44
21,0	2,8
20,0	3,16
19,0	3,52
18,0	3,88
17,0	4,24
16,0	4,6
15,0	4,96
14,0	5,32
13,0	5,68
12,0	6,04
11,0	6,4
10,0	6,76
9,0	7,12
8,0	7,48
7,0	7,84
6,0	8,2
5,0	8,56
4,0	8,92
3,0	9,28
2,0	9,64
1,0	10

Strommenge	
10 000	1
15 000	1,5
20 000	2
25 000	2,5
30 000	3
35 000	3,5
40 000	4
45 000	4,5
50 000	5
55 000	5,5
60 000	6
65 000	6,5
70 000	7
75 000	7,5
80 000	8
85 000	8,5
90 000	9
95 000	9,5
100 000	10

## Plagiatserklärung

### Erklärung betreffend das selbständige Verfassen einer Bachelorarbeit im Departement Life Sciences und Facility Management

Mit der Abgabe dieser Bachelorarbeit versichert der/die Studierende, dass er/sie die Arbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst hat.

Der/die unterzeichnende Studierende erklärt, dass alle verwendeten Quellen (auch Internetseiten) im Text oder Anhang korrekt ausgewiesen sind, d.h. dass die Bachelorarbeit keine Plagiate enthält, also keine Teile, die teilweise oder vollständig aus einem fremden Text oder einer fremden Arbeit unter Vorgabe der eigenen Urheberschaft bzw. ohne Quellenangabe übernommen worden sind.

Bei Verfehlungen aller Art treten Paragraph 39 und Paragraph 40 der Rahmenprüfungsordnung für die Bachelor- und Masterstudiengänge an der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften vom 29. Januar 2008 sowie die Bestimmungen der Disziplinarmassnahmen der Hochschulordnung in Kraft.

Ort, Datum:

Laax, 28.09.2017

Unterschrift:



.....

.....

## Poster

Zürcher Hochschule  
für Angewandte Wissenschaften



Life Sciences und  
Facility Management

IUNR Institut für Umwelt und  
Natürliche Ressourcen

# Trinkwasser mit PV Strom auf den Wädenswiler Berg pumpen

von Patrick Engeli | Bachelorarbeit

Bachelorstudiengang Umweltingenieurwesen 2013

Studienrichtung Nachwachsende Rohstoffe und Erneuerbare Energien

## Ausgangslage

Die Werke der Stadt Wädenswil betreiben zur Trinkwasserversorgung Reservoir. Damit das Seewasser zu den Reservoiren auf den Berg transportiert werden kann, werden Elektropumpen eingesetzt. Diese Reservoir bieten geeignete Standorte für PV-Anlagen auf den Dach- oder Fassadenflächen. Diese Arbeit soll zeigen, ob der nötige Strom für die Elektropumpen direkt vor Ort produziert werden kann. Bisher wurden die Pumpen in der Nacht beim günstigen Niedertarif betrieben. So könnte die Steuerung der Pumpen auf den Tag verlegt werden. Eine andere Möglichkeit wäre die Installation einer Batterie, welche den Strom speichert um die Pumpen weiterhin in der Nacht zu betreiben.

## Ziele der Arbeit

Für die Stadt Wädenswil sollen PV-Anlagen an den drei Standorten, zu sehen in den Abbildungen 1-3, projektiert werden. Ziel der Arbeit ist zu untersuchen, ob eine Realisierung von Solarsystemen in möglicher Kombination mit Speicher- oder Steuerungslösungen energetisch und wirtschaftlich sinnvoll ist.

- Momentane Situation aufnehmen, Energiebilanzen erstellen und Potentialabschätzungen vornehmen
- Planung und Dimensionierung von PV-Systemen an den drei Standorten Waisenhaus, Gerenau und Oedischwend
- Offerten einholen
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Nutzwertanalyse der Varianten mit anschliessender Empfehlung

## Ergebnisse

Wie die Arbeit gezeigt hat, weisen die Standorte unter anderem durch ihre grossen Dachflächen und den freien Horizont gute Potentiale auf. Die Potentialabschätzungen zeigen spezifische Jahreserträge von rund 900 kWh/kWp/a für ost-west aufgeständerte Anlagen, wobei dieser Wert bei der späteren Simulation noch gesteigert wurde. Die Energiebilanzen ergaben hohe Verbräuche in der Nacht, jedoch auch einen konstanten Tagesverbrauch durch die Entfeuchter, eine Übersicht zeigt die Abbildung 6.



Abb. 7: Verbrauchs- und Produktionsverlauf Waisenhaus über ein ganzes Jahr

Der Jahresverlauf in Abbildung 7 zeigt die Differenz zwischen Verbrauch und Produktion. Um die Pumpen tagsüber zu betreiben, müsste die Anlagensteuerung umgebaut werden, dies erwies sich aus technischer und ökonomischer Sicht als nicht sinnvoll. Der Einsatz von Batteriesystemen zeigt, dass der Eigenverbrauch verdoppelt werden kann, sich jedoch die Rentabilität der Anlagen nicht verbessert aufgrund höherer Investitionskosten. Die Anlagenplanung wurde am Standort Waisenhaus für eine 11.6 kWp Anlage durchgeführt. Für die beiden weiteren Standorte wurden unter 30 kWp grosse Anlagen projektiert.



Abb. 1: Standort Waisenhaus



Abb. 2: Standort Gerenau



Abb. 3: Standort Oedischwend



Abb. 4: Projektierte Anlage am Standort Waisenhaus



Abb. 5: Projektierte Anlage am Standort Gerenau

Übersicht der Standorte			
Eigenschaften	Waisenhaus	Gerenau	Oedischwend
Koordinaten	47.21731, 8.67244	47.21297, 8.66944	47.22435, 8.64146
Dachabmessungen (m)	7.2 x 12.3	14.8 x 15m	22 x 21
Fläche (m²)	88.5	222	462
Pumpen (kW)	2x30kW 7x55kW	2x30kW	2x45kW
Entfeuchter (kW)	1.3	1	2.3
Verbrauch (kWh/a)	89985	47061	49243
Verbrauch ohne Pumpen (kWh/a)	9365	7281	16485
Potential (kWh/a)	10450	25000	59900
Anlagenplanung (kWp)	11.60	27.84	29.58

Abb. 6: Übersicht der Eigenschaften aller Standorte

Die Offerten verschiedener lokaler Solarinstallateure zeigen Preisunterschiede zwischen 2'000 und 2'500 Franken pro kWp. Anhand Wirtschaftlichen Berechnungen kann gesagt werden, dass aufgrund dieser Kostenbasis die Anlagen Waisenhaus und Oedischwend nicht rentabel betrieben werden können. Ausnahme bildet der Standort Gerenau aufgrund Einsparungen der Betriebskosten. Werden die Parameter für die Berechnungen angepasst und die Kosten auf ein Minimum gesenkt, zeigt sich ein positives Bild betreffend der Rentabilität. Die Nutzwertanalyse zeigt, dass die Anlage Gerenau Empfohlen werden kann. Ausserdem zeigt die Variante der gesamtheitlichen Betrachtung aller drei Standorte ökonomischen als auch ökologischen Nutzen auf, weshalb auch diese Variante empfohlen wird.

## Diskussion

Auch wenn die Rentabilität aus heutiger Perspektive nicht garantiert werden kann, sprechen weitere Gründe für eine Umsetzung. Einerseits sicherlich die ökologischen Vorteile des Solarstroms. Wird erneuerbarer Strom produziert, können fossile Energieformen substituiert werden. Die regionale Wertschöpfung kann je nach Umsetzungsgrad ebenfalls als positiver Aspekt aufgeführt werden und unterstützt das regionale Gewerbe. Ausserdem kann die Stadt Wädenswil ihre Vorbildfunktion weiter ausbauen und einen wichtigen Schritt in eine regenerative Energiezukunft unternehmen.

Abgabedatum: 28.09.2017  
Betreut durch: Kevin Arm, ZHAW IUNR  
Nadia Sperr, ZHAW IUNR

Referenz:  
Bachelorarbeit Trinkwasser mit PV Strom auf den Wädenswiler Berg pumpen  
Lilax, 2017  
Rückfragen per E-Mail an: patrick.engeli@bluewin.ch